Académie des sciences (France). Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. 1949.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

AVEC LE CONCOURS
DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.

TOME DEUX-CENT-VINGT-NEUVIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE **1949**.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1949

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 JUILLET 1949.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réaction rubrénique à partir de corps naphtaléniques : benzologues angulaires du rubrène.* Note (*) de MM. **Charles Dufraisse, Joseph Robin** et **Daniel Bertin.**

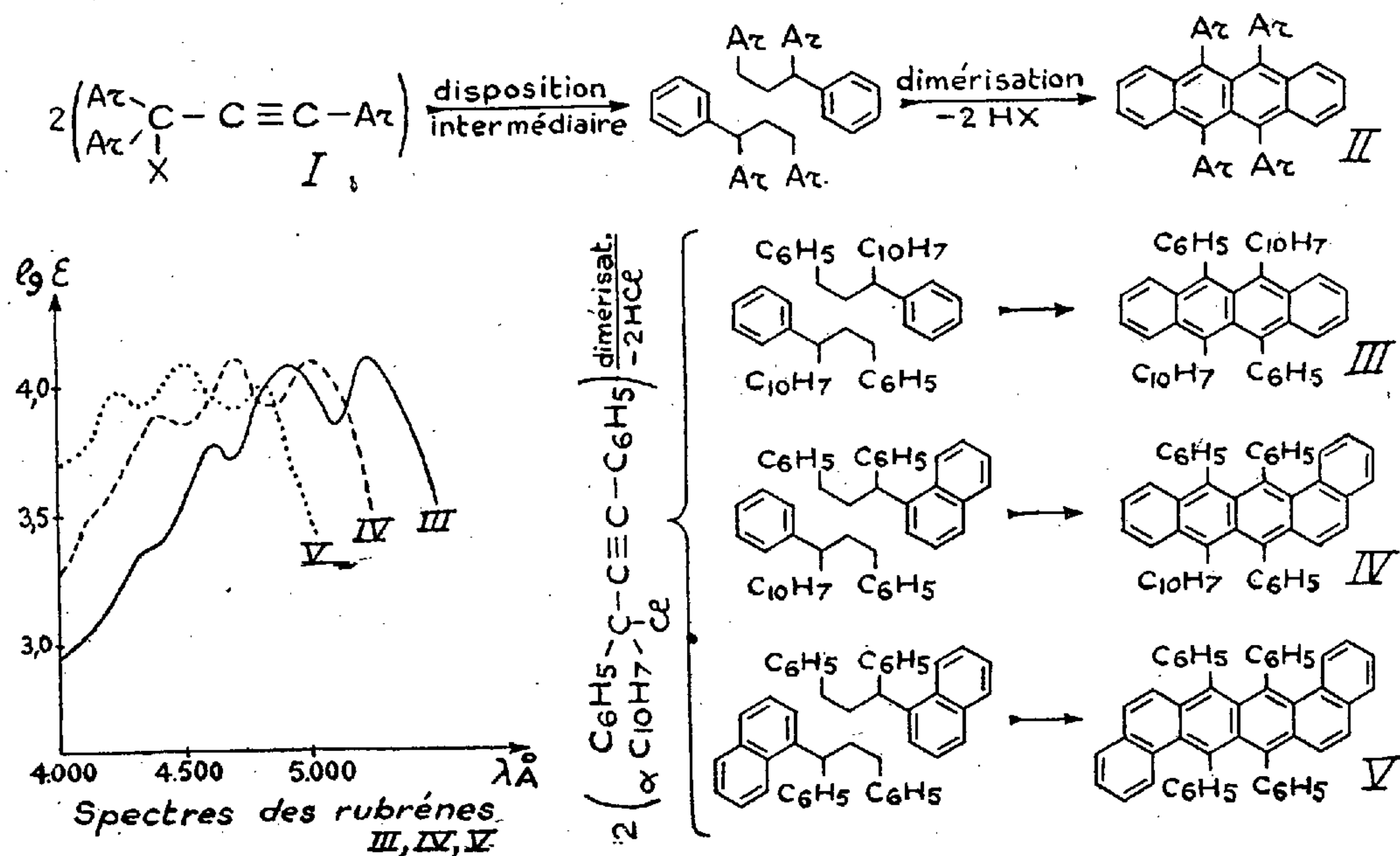
La réaction rubrénique de synthèse des naphtacènes consiste, on le sait, en la condensation de deux molécules d'esters d'alcools triarylpropargyliques (I), avec élimination de deux molécules d'acides, généralement de l'acide chlorhydrique. Il se produit une double cyclisation (II), qui implique l'un des deux aryles géminés de chaque molécule initiale, le deuxième aryle géminé restant en dehors de l'édifice comme substituant simple, en même temps que l'aryle isolé.

Si l'aryle participant à la cyclisation est un benzologue du phényle, le produit résultant doit être un benzologue du naphtacène. Or jusqu'à ce jour on n'avait pas réussi à inclure le naphtalène dans la cyclisation rubrénique. Quand, pour éviter les complications de la formation simultanée de plusieurs isomères, on partait d'un ester à deux naphtyles géminés identiques ([1]), $(C_{10}H_7)_2\,CX - C \equiv C - Ar$, on n'observait pas la moindre formation de corps rubrénique, pourtant facile à détecter en traces par le spectre et la

(*) Séance du 27 juin 1949.

([1]) A. Willemart, *Annales de Chimie*, 10e série, 12, 1929, p. 386.

photosensibilité. Quand on associait un phényle à un naphtyle, on ne réussissait pas à isoler de corps cristallisé, mais on obtenait des résines à caractère rubrénique; toutefois leur spectre était celui d'un rubrène simple et il n'apparaissait pas de bandes pouvant correspondre à quelque benzologue ([2]). En somme la cyclisation rubrénique semblait ne pouvoir se faire que sur phényle et non pas sur naphtyle.

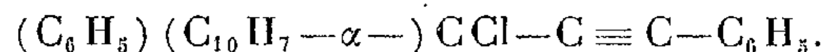


Cette inaptitude apparente du naphtyle à la cyclisation est très singulière; on aurait plutôt supposé le contraire, c'est pourquoi nous avons entrepris une étude spéciale de ce comportement.

Puisque la conjonction de deux naphtyles semblait tout à fait défavorable, on a pris le terme intermédiaire, c'est-à-dire que l'on a accouplé un phényle et un naphtyle, malgré les complications devant résulter de la formation d'un mélange d'isomères. Effectivement la réaction rubrénique sur une telle matière première doit aboutir théoriquement à trois isomères (III), (IV) et (V), suivant que les cyclisations ont lieu sur deux phényles, ou bien à la fois sur un phényle et un naphtyle, ou, enfin, sur deux naphtyles. On doit alors obtenir en principe, avec le naphtyle α, un mélange d'un rubrène ordinaire, dinaphtylé (III), d'un benzorubrène angulaire, mononaphtylé (IV), d'un dibenzorubrène biangulaire, sans naphtyle (V). Avec le naphtyle β on aurait, en outre, des isomères avec annellation linéaire, aussi l'avons-nous laissé provisoirement de côté.

([2]) A. Willemart, *Annales de Chimie*, 10e série, 12, 1929, p. 381.

Ces considérations nous ont conduits à reprendre, avec les perfectionnements de technique trouvés postérieurement, les essais infructueux de Willemart [2] sur le chlorure de phényl (α-naphtyl) (phényléthynyl) méthyle ($C_{25}H_{17}Cl$),



$$(C_6H_5)(C_{10}H_7-\alpha-)CCl-C\equiv C-C_6H_5.$$

Ce corps est mélangé intimement avec 12 à 15 fois son poids de bicarbonate de sodium sec. On chauffe, en brassant fréquemment, d'abord à 70° pendant 4 heures, puis à 80° pendant 6 heures et enfin à 100° pendant 2 heures. Après les traitements habituels, on soumet les résines obtenues à la chromatographie en cyclohexane sur alumine. On sépare ainsi les trois hydrocarbures attendus ($C_{50}H_{32}$), fondant respectivement à 301-302° (III), 257-258° (IV) et 323-324° (V) (fusions instantanées).

Ce sont, tous les trois, des rubrènes typiques, présentant le système habituel de bandes d'absorption dans le visible, donnant des solutions fluorescentes, stables à l'obscurité et photosensibles. Toutefois, ainsi qu'il était à prévoir d'après les exemples connus, l'annellation angulaire a un effet hypsochrome, de sorte que deux des spectres sont déplacés vers l'ultraviolet, l'un beaucoup plus que l'autre. Les couleurs des corps traduisent d'ailleurs cette particularité; alors que l'un d'eux a la couleur rouge des rubrènes, un autre est orangé et, le dernier, jaune. Ces différences suffisent à fixer les structures : l'hydrocarbure rouge est le rubrène simple (III), l'orangé, le monobenzorubrène (IV), et, le jaune, le dibenzorubrène (V). Des confirmations de ces structures sont en cours.

En ce qui concerne les rendements respectifs, le rubrène simple est de beaucoup le plus abondant et le dibenzo le plus rare. Les proportions relatives sont : 1 — 0,3 — 0,2.

Deux conclusions ressortent de ces résultats : d'une part, le naphtyle α est apte à subir la réaction rubrénique, contrairement à ce qu'auraient pu donner à supposer les expériences anciennes, mais, d'autre part, il est incontestablement moins favorable que le phényle.

Il reste maintenant à reprendre, à la lumière des faits nouveaux, la réaction rubrénique avec des naphtyles géminés sur les esters triarylpropargyliques générateurs des rubrènes.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge de la formation houillère de Christian (Bled Zaer, Maroc).* Note (*) de MM. **Pierre Pruvost** et **Henri Termier**.

Le Terrain de Sidi-Kassem, qui affleure entre Christian et Tedders, découvert et décrit par l'un de nous (H. Termier), offre un exemple très net de bassin *limnique*, dont les dépôts reposent en *discordance* sur un socle siluro-

(*) Séance du 27 juin 1949.

dévonien et qui se trouve installé dans une aire d'ennoyage dévonienne de la cordillère préalablement surgie. C'est un bassin du type *interne*, dans lequel les reliefs étaient jeunes, les pentes rapides et l'érosion très active ([1]).

Cette formation possède une puissance notable, qui varie de 900^{m} environ dans la région Sud-Ouest (Sidi-Kassem) à 1600^{m} dans la région Nord-Est, à l'Est de l'Oued Grou, et elle renferme un peu partout des fragments de plantes fossiles : il n'était donc pas exclu que la durée de son dépôt s'étendît à plusieurs horizons paléontologiques. De fait, les végétaux recueillis par l'un de nous (H. Termier) en plus de 20 gisements situés peu au-dessus de la base du Terrain de Sidi-Kassem, furent rapportés au Namurien par P. Bertrand et A. Carpentier, tandis que les schistes de Sbaea étaient datés du Westphalien A probable et que la plupart des gisements situés dans les parties moyennes et supérieures de la formation étaient classées dans le Westphalien C.

Mais les explorations très poussées conduites en 1941-1942 par le Bureau de Recherches et Participations Minières, avec des moyens industriels, et dirigées par L. Clariond, dans toute l'épaisseur du Houiller de Christian, ont suscité des prélèvements de fossiles beaucoup plus complets et permis à J. Lévy et R. Tilloy, ainsi qu'à l'un de nous (P. Pruvost), au cours d'une mission qu'il a effectuée en avril 1948, de préciser la stratigraphie et la tectonique du bassin en suivant sur de longs parcours certains bancs repères de grès et de calcaires lacustres sur lesquels l'attention avait été attirée (par H. Termier). Les résultats de cette mission, joints à ceux de l'étude des flores, entièrement reprise par M. P. Corsin, nous amènent à conclure à la non-existence du Namurien et du Westphalien A dans le Terrain de Sidi-Kassem. En effet, les échantillons primitivement déterminés *Asterocalamites scrobiculatus* et *Calamites cistiformis* sont en réalité des *Calamites Cisti* et les spécimens primitivement identifiés à *Adiantites cf. oblongifolius* sont en réalité des *Adiantites Wardi* Kidston, espèce du Westphalien C du N. Staffordshire. Ces plantes sont d'ailleurs intimement associées à une flore riche où dominent : *Linopteris subbrongniarti, L. neuropteroides, Neuropteris tenuifolia, Mixoneura obliqua,* caractéristiques de cet étage. On peut ainsi maintenant affirmer que *dès sa base et dans sa totalité* la formation houillère de Christian représente le Westphalien supérieur (ou étage morganien de A. E. Trueman). Le bassin comprend certainement le Westphalien C et peut-être vers le haut des couches de passage au Westphalien D.

Cette rectification stratigraphique nous permet de préciser l'indication d'âge qui avait été donnée relativement à la deuxième des quatre phases orogéniques hercyniennes reconnues par l'un de nous au Maroc (H. Termier, *op. cit.*,

---

([1]) H. Termier, *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, 1936, p. 604-611, 623, 626.

p. 672-682). Rappelons que la première, ou phase bretonne de H. Stille, a provoqué à Taouz la discordance du Viséen sur le Famennien; elle paraît d'amplitude faible et très localisée, à moins que la discordance du Viséen sur la *série du Mékam* à Djerada soit de la même époque. La seconde phase est indubitablement distincte de la première et autrement importante, puisque le terrain de Sidi Kassem apparaît presque partout nettement discordant sur le socle siluro-dévonien, dont les roches, calcaires dévoniens et quartzites siluriens sont reprises à l'état de galets dans les puissants conglomérats rouges du bassin houiller. On est tenté de synchroniser cette seconde phase, qui a érigé en cordillère le Massif central marocain avant le Westphalien C, à la phase sudète de Stille qui, entre le Viséen et le Namurien, a fait surgir la Cordillère de l'Europe moyenne (Massif armoricain, Massif Central, Vosges). Toutefois, si dans ce socle antéhouiller le *facies de Fourhal*, décrit par l'un de nous (H. Termier) et attribué au *Namurien probable*, fournissait un jour des fossiles confirmant son âge namurien, la Cordillère du Maroc Central serait de formation un peu plus récente que celle de l'Europe Moyenne. Elle se placerait à l'Ammanien (Westphalien A et B) et serait ainsi à peu près contemporaine de la *Wichita Orogeny*, qui, en Amérique du Nord, sépare la série de Des Moines du Pensylvanien inférieur [2].

Ajoutons que la formation de Christian elle-même a été plissée par une 3e phase (phase majeure = phase asturienne de Stille) en plis parallèles à ceux du socle et découpée de failles après son dépôt. Le bassin est divisé en deux cuvettes secondaires par un relèvement anticlinal que jalonnent des pointements du socle siluro-dévonien. La cuvette septentrionale, moins profonde, ne renferme que les couches stériles inférieures, tandis que la cuvette méridionale, actuellement plus profonde et correspondant à une région moins littorale du bassin primitif, contient toute la série houillère. Malheureusement les explorations approfondies de 1941-1942, et un récent sondage fait en 1948 au centre de la formation, ne laissent guère d'espoir quant à la valeur économique du gisement, fait de faisceaux de veines où le charbon, barré de schistes, se présente en petits sillons dont l'ouverture n'excède jamais un ou deux décimètres. Chacune de ces deux cuvettes a son bord sud limité par une faille subverticale NE. Des failles transversales de décrochement W-N-W recoupent les précédentes. Les âges successifs de ces cassures restent à préciser : il est probable que les failles directionnelles sont contemporaines de la phase majeure (asturienne), mais il est possible aussi qu'elles soient plus tardives et que certaines se rattachent à la 4e phase [3], ou phase saalienne de Stille.

---

(2) R. C. Moore, *Bull. americ. Ass. petrol. Geol.*, **19**, n° 9, sept. 1935, p. 1299.

(3) H. et G. Termier, *Bull. Soc. géol. Fr.*, sér. 5, **18**, 1948 p. 395.

M. **Pierre-Paul Grassé** fait hommage du tome VI : *Onychophores, Tardigrades, Arthropodes, Trilobitomorphes, Chélicérates,* du *Traité de Zoologie* publié sous sa direction.

M. **Pierre Chevenard** adresse un Ouvrage de M. Jacques Dinzin intitulé : *Les propriétés et les formes dans l'industrie,* dont il a écrit la *Préface.*

M. **Frederick Stratton** adresse le volume I des *Annals of the solar physics Observatory,* de Cambridge, contenant son Mémoire : *The History of the Cambridge Observatories.*

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Edwin Hubble** et **Bertil Lindblad** sont élus Correspondants pour la Section d'Astronomie, le premier en remplacement de M. *Carl Osten Bergstrand,* décédé.

DÉSIGNATIONS.

M. **Emmanuel de Martonne** est désigné pour représenter l'Académie en remplacement de M. **Albert Caquot**, précédemment désigné et empêché, à la **Conférence scientifique pour la conservation et l'utilisation des ressources naturelles**, qui doit avoir lieu au siège de l'Organisation des Nations Unies, à Lake Success (New-York), du 17 août au 6 septembre 1949.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Jean Lecomte. *Le rayonnement infrarouge.* Tome II. *La spectrométrie infrarouge et ses applications physicochimiques* (présenté par M. Cabannes).

2° François Baclesse. *Le diagnostic radiologique des tumeurs malignes du pharynx et du larynx. Étude anatomo-topographique et radiographique.* Préface de Albert Hautant.

3° Société française d'équipement rural. *Terre vivante.* Nos 1-2.

4° Institut géographique national. *Travaux topographiques et cartographiques exécutés de 1938 à 1948. Rapport présenté au Congrès International de Géographie,* Lisbonne, 1949, par M. Hurault.

ALGÈBRE. — *Sur quelques problèmes concernant les variétés algébriques et la théorie des syzygies des idéaux de polynomes.* Note de M. **Paul Dubreil**, présentée par M. Gaston Julia.

1. M. W. Gröbner, dans une récente publication ([1]), a modernisé et développé la théorie des syzygies des idéaux de polynomes, fondés par Hilbert. Cette théorie le conduit à introduire, sous le nom d'*idéaux parfaits*, des idéaux auxquels il consacre la seconde partie de son travail (§ 3 et 4). Comme le signale M. W. Gröbner, les idéaux parfaits ont été considérés jadis, à partir d'une autre définition, par Macaulay. Mais il convient aussi de remarquer qu'ils se rattachent très étroitement à la théorie des *idéaux de première espèce* que j'ai définis et étudiés dès 1934-1935 ([2]) et auxquels M. R. Apéry a consacré plus récemment d'intéressantes publications ([3]). On voit ainsi que *les idéaux parfaits, à deux cas triviaux près, ne sont autres que les idéaux complètement (ou absolument) de première espèce*. Certains résultats de M. W. Gröbner sont donc en réalité déjà connus. D'autre part, une question soulevée par lui, et qui, telle qu'il la présente, risquerait fort de provoquer de pénibles et infructueuses recherches, peut être résolue immédiatement par la négative (*voir* la fin du n° 3).

2. Soit K un corps commutatif. Un idéal homogène $\mathfrak{a}$ de l'anneau de polynomes $K[x_0, x_1, \ldots, x_n]$, de dimension (réduite) d, de rang $r = n - d$, est *parfait* si sa chaîne de syzygies comprend exactement r termes. Pour cette propriété, il faut et il suffit, si $d \geqq 1$, que l'idéal $(\mathfrak{a}, \varphi)$ soit lui-même parfait, φ désignant une forme quelconque première à l'idéal $\mathfrak{a}$. Le choix de φ est arbitraire, et l'application répétée du critère précédent montre que *l'idéal $\mathfrak{a}$ de dimension $d \geqq 1$ est parfait si et seulement s'il est possible de trouver d formes $\varphi_1, \ldots, \varphi_d$ telles que l'idéal $(\mathfrak{a}, \varphi_1, \ldots, \varphi_d)$ soit de dimension nulle et lui-même parfait, ou, ce qui revient au même, dépourvu de composant primaire impropre*, c'est-à-dire appartenant à l'idéal premier $(x_0, x_1, \ldots, x_n)$. Or, cette propriété est précisément celle qui caractérise les idéaux complètement de première espèce (DIP., p. 281-282). Une fois faite cette constatation, il devient inutile de montrer que tout idéal parfait est non mixte (SPI., Satz 10), puisque cette propriété est connue pour les idéaux complètement de première espèce (DIP., théorème IV).

3. Pour une courbe, on a $d = 1$ et la propriété d'être parfaite coïncide sim-

([1]) *Monatshefte für Math.*, **53**, 1949, p. 1-16 (cité par SPI).

([2]) *Actualités scient. et ind.*, fasc. **210**, Hermann, Paris, 1935 (cité par PVA), *Journ. Math.*, XV, 1936, p. 271-283 (cité par DIP); *Bull. Soc. Math. de France*, LXI, 1934, p. 258-283; *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 548-550.

([3]) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 234-236; **220**, 1945, p. 271-272; **221**, 1945, p. 436-438; *Thèse*, Paris, 1947.

plement avec celle d'être de première espèce. Or, les variétés de première espèce sont, quelle que soit leur dimension, exactement celles dont l'intersection avec une hypersurface $\varphi = 0$ obéit au théorème de Noether généralisé : *l'idéal* ($\mathfrak{a}$, φ) *est dépourvu de composant primaire impropre* (PVA). Il n'est donc pas surprenant que M. W. Gröbner étende le théorème de Noether à l'intersection d'une surface et d'une courbe gauche parfaite, et ce résultat n'est pas neuf. Mais, pour une variété V de dimension $d > 1$, la condition d'être parfaite est *seulement suffisante;* celle d'être de première espèce, *nécessaire et suffisante*, est manifestement *plus large*. On connaît d'ailleurs, d'après M. Apéry, des exemples simples de variétés qui sont de première espèce sans l'être complètement, donc sans être parfaites. La conclusion de M. W. Gröbner : « Die Ausdehnung des Noetherschen Fundamentalsatzes auf Raumkurven und *analog auf höhere algebraische Mannigfaltigkeiten*, ist also *erst nach Einführung des Begriffes* perfekt *möglich* » ne correspond donc pas à la réalité (car il n'y a aucune raison de se limiter aux intersections de dimension nulle). C'est pour la même raison que M. W. Gröbner n'a pas pu résoudre la question de savoir si le fait que l'idéal ($\mathfrak{a}$, φ) est non mixte quelle que soit la forme φ première à $\mathfrak{a}$, entraîne que $\mathfrak{a}$ est parfait : la deuxième propriété est plus forte que la première.

4. L'identité des courbes gauches parfaites et des courbes matricielles, qui fait l'objet du théorème 12 de M. W. Gröbner, a été établie par M. R. Apéry, dans sa thèse, sous une forme à la fois plus précise et plus générale : pour la dimension $n-2$, il y a identité entre les notions de variétés complètement de première espèce (parfaites), de variétés obtenues par chaînes, et de variétés matricielles. De même, M. Apéry a approfondi les questions de connexion, seulement effleurées par M. W. Gröbner.

Il va sans dire que les remarques précédentes sur l'interpénétration des deux théories n'enlèvent rien, bien au contraire, à l'intérêt de l'étude générale des syzygies faite par M. Gröbner dans les deux premières parties de son travail.

THÉORIE DES GROUPES. — *Transformation de Fourier des distributions* (¹).
Note (*) de M. **Jean Riss**, présentée par M. Élie Cartan.

Soit sur un groupe abélien localement compact G, S l'espace des fonctions continues, indéfiniment dérivables à dérivées continues, sommables après toute dérivation et toute multiplication par polynome (par rapport aux formes linéaires sur G), et dont les transformées de Fourier satisfont aux mêmes conditions sur $\hat{G}$, dual de G. Dans S muni de la topologie définie par les

(*) Séance du 20 juin 1949.

(¹) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 664-666, 809-810, 1194-1195.

semi-normes

$$\|\mathrm{PD}f\| = \int_{\mathrm{G}} |\mathrm{PD}f|\,dx + \int_{\hat{\mathrm{G}}} |\mathfrak{F}(\mathrm{PD}f)|\,d\hat{x}$$

(où P et D désignent un polynome et une dérivation, $\mathfrak{F}$ la transformation de Fourier, isomorphisme de réciproque $\overline{\mathfrak{F}}$ entre S et son analogue $\hat{\mathrm{S}}$ sur $\hat{\mathrm{G}}$), on a les résultats suivants :

Lemme [2]. — *Pour tout polynome* $\hat{\mathrm{P}}$, *toute partie compacte* $\hat{\mathrm{C}}$, *il existe des polynomes* $\hat{\mathrm{Q}}_i$ $(i=1, 2, \ldots, m)$ *associés à des caractères sur* G $\hat{a}_{i,j}$ $(j=1, 2, \ldots, m_i)$ *et une suite de fonctions* $\theta_n \in \mathrm{S}$ *égales à* 1 *sur des voisinages de zéro, tels que :*

$$\lim_{n\to\infty} \sup_{\hat{y}\in\hat{\mathrm{C}}} \int \left| \hat{\mathrm{P}}\left(\hat{\theta}_n(\hat{x}-\hat{y}) - \sum_{1}^{m} \hat{\mathrm{Q}}_i(\hat{y})\hat{\Theta}_{i,n}(\hat{x}) \right) \right| d\hat{x} = 0,$$

où

$$\hat{\Theta}_{i,n} = \mathfrak{F}[(\hat{a}_{i,1}-1)\ldots(\hat{a}_{i,m_i}-1)\theta_n].$$

On en déduit le théorème d'approximation locale suivant :

Théorème 1. — *Toute* $f \in \mathrm{S}$ *est, pour tout* $a \in \mathrm{G}$, *limite dans* S *de la suite somme d'une suite de fonctions nulles sur des voisinages de a et d'une suite de polynomes trigonométriques (combinaisons linéaires de caractères)* [3].

On en déduit certaines propriétés des formes linéaires continues sur S, que nous appellerons des S-distributions (distributions sphériques de M. Schwartz dans les *Annales de Grenoble*, 1945) basées sur la notion de support d'une S-distribution T, qui est le plus petit ensemble fermé en dehors duquel $\mathrm{T}(f) = 0$:

---

[2] Par exemple dans $\mathrm{G} = \mathrm{R}$ ces expressions s'introduisent en prenant la transformée de Fourier du produit d'une fonction et du développement limité

$$f(x) - f(0) - \frac{f'(0)}{2i\pi}(e^{2i\pi x}-1) - \frac{f''(0)+2i\pi f'(0)}{(2i\pi)^2}(e^{2i\pi x}-1)^2\ldots$$

[3] Ce théorème valable dans l'espace A des fonctions continues sommables ainsi que leurs transformées de Fourier, normé par $\|f\| = \int |f|\,dx + \int |\mathfrak{F}f|\,d\hat{x}$ [où il prend la forme : toute f est pour tout a limite d'une suite $f_n(x) = f(a)$ sur des voisinages de a, qui se déduit du lemme : pour toute partie compacte $\hat{\mathrm{C}}$ il existe une suite bornée $\theta_n \in \mathrm{A}$ de fonctions égales à 1 sur des voisinages de l'origine et telles que

$$\lim_{n\to\infty} \sup_{\hat{y}\in\hat{\mathrm{C}}} \int |\hat{\theta}_n(\hat{x}-\hat{y}) - \hat{\theta}_n(\hat{x})|\,d\hat{x} = 0\,]$$

permet de faire la théorie des idéaux primaires de multiplication ou de composition de l'algèbre A et de montrer qu'ils sont maximaux. A étant dense dans L_1, algèbre des fonctions sommables sur G, on en déduit la même propriété pour les idéaux primaires de L_1. Ce dernier résultat a été publié par M. Kaplansky, qui utilise un cas particulier de notre théorème d'approximation (*Proceedings of the Nat. Acad. of Sc. of U.S.A.*, mars 1949).

THÉORÈME 2. — *Toute S-distribution à support ponctuel a est combinaison linéaire de dérivées de la translatée en a de la mesure de Dirac.*

D'autre part si l'on définit la transformée de Fourier $\hat{T}$ d'une S-distribution T par

$$\hat{T}(\hat{f}) = T(\bar{\mathfrak{F}} \hat{f})$$

on obtient une $\hat{S}$-distribution dont le support sera dit le spectre de T. Et comme toute fonction ω mesurable à croissance lente (majorée par un polynome) définit la S-distribution $\omega(f) = \int f\omega\, dx$, on saura définir sa transformée de Fourier qui en général sera une distribution sur $\hat{S}$ et si le spectre de ω est ponctuel ω sera d'après le théorème 2 le produit d'un polynome par un caractère.

Il se pose aussi la question de savoir sous quelles hypothèses les S-distributions sont des distributions définies antérieurement [1] : on trouve qu'il en est ainsi dans les groupes connexes et aussi, pour les distributions à support compact, dans les groupes localement connexes [ceci tient à la possibilité de comparer les topologies de $\mathfrak{S}$ et $\mathcal{D}$ [1]]. Plus généralement en se basant sur le fait que dans tout G abélien localement compact il existe des sous-groupes H arbitrairement petits tels que G/H soit localement connexe et en approchant $f \in S$ par ses valeurs moyennes sur les sous-groupes H, on peut étudier les $\mathfrak{S}$-distributions à support compact et retrouver la forme des S-distributions à support ponctuel.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Fonctions uniformes sur une surface de Riemann algébroïde.* Note de M. **JEAN COMBES**, présentée par M. Paul Montel.

1. Soit une surface de Riemann que nous uniformisons par une variable z, linéairement polymorphe, sans point critique sur la surface et la représentant sur un réseau de polygones fuchsoïdes. Les substitutions qui échangent les différentes déterminations de z forment un groupe fuchsoïde G.

Les fonctions méromorphes sur la surface, considérées comme fonctions de z, sont les fonctions automorphes du groupe G. On peut en former comme quotients de séries Θ de Poincaré, mais il est difficile d'étudier les pôles des fonctions ainsi construites.

Plaçons-nous dans le cas de la surface de Riemann F de la *fonction algébroïde* $y(x)$ définie par $\sum_{i=0}^{m} A_i(x) y^i = 0$, les A_i étant des fonctions méromorphes de x dans un domaine D dont la frontière comprend au moins un point (nous supposons qu'elle comprenne le point à l'infini).

La fonction dx/dz est une fonction Θ holomorphe appartenant à l'exposant 1, nulle pour les valeurs de z qui correspondent aux points de ramification.

Soit $f(x)$ une fonction holomorphe dans D admettant pour zéros simples les projections des points de ramification ; $\varphi(z) = [1/f(x)].dx/dz$ est une fonction Θ sans zéro, appartenant à l'exposant 1.

Soit $\Theta_\mu(z)$ une série Θ appartenant à l'exposant $\mu \geqq 2$, construite à partir d'une fonction génératrice $H(z)$ admettant un pôle ou un point essentiel. Si $H(z)$ est convenablement choisie, $y = [\Theta_\mu(z)/[\varphi(z)]^\mu]$ est une fonction holomorphe sur F, sauf en un point donné qu'elle admet pour pôle ou point essentiel isolé avec une partie principale donnée.

Par une voie analogue à celle employée dans la démonstration du théorème de Mittag-Leffler, on montre *qu'il existe sur* F *des fonctions holomorphes sauf en une infinité de points isolés donnés qu'elles admettent pour pôles ou points essentiels avec des parties principales données.*

2. Une intégrale abélienne de première ou deuxième espèce sur F admet des périodes correspondant aux contours fermés décrits sur la surface. Il est possible de déterminer sur F une suite formée d'un nombre fini ou infini de contours, dits principaux, auxquels correspondent des *périodes principales* ayant les propriétés suivantes :

Toute période est une combinaison linéaire à coefficients entiers d'un nombre fini de périodes principales, les coefficients de la combinaison ne dépendant pas de l'intégrale abélienne considérée.

Il existe sur F *des intégrales abéliennes de première et de deuxième espèce admettant des périodes principales arbitrairement données.* Ces résultats se démontrent aisément en considérant que $F = \lim_{n=\infty} F_n$, où F_n désigne la portion de F projetée sur D_n, et que la suite D_n vérifie les conditions

$$\overline{D}_n \subset D_{n+1}, \qquad D = \lim_{n=\infty} D_n.$$

Chaque F_n est une portion de surface algébrique ; de la solution du problème pour F_n, obtenue à l'aide de la théorie des intégrales abéliennes sur une surface algébrique, résulte, par passage à la limite, la solution pour F (1).

3. *Il existe sur* F *des fonctions méromorphes admettant des pôles et des zéros donnés avec des ordres de multiplicité donnés.*

Si en effet Y est une telle fonction, $(Y'/Y) = g$ admet des pôles correspondant aux zéros et pôles de Y, les résidus étant égaux aux ordres de multiplicité des zéros, ou aux ordres de multiplicité des pôles changés de signe. Les autres pôles de g, s'ils existent, sont à résidus nuls. D'autre part $\int g\,dx$ est une

(1) *Cf.* MYRBERG, *Xe Congrès Math. Scand.*, Copenhague, 1946, p. 77-96, où est traité le cas des surfaces algébroïdes entières ; BEHNKE et STEIN, *Math. Annalen*, Bd. 120, 1949, p. 430-461, où le même résultat est établi pour toute surface de Riemann ouverte.

intégrale abélienne de troisième espèce dont toutes les périodes sont multiples de $2\pi i$.

L'existence de fonctions g ayant ces propriétés résulte des paragraphes 1 et 2 $Y = e^{\int g\,dx}$ répond à la question.

La méthode de démonstration fournit une décomposition de Y en un produit de facteurs ayant chacun un seul zéro ou un seul pôle, mais non uniformes.

4. Y étant méromorphe sur F, on appelle *norme* (²) de Y le produit $Y_1 Y_2 \ldots Y_m = NY$ des m déterminations. Y est de la forme $\sum_{i=0}^{m-1} B_i(x) y^i$, les $B_i(x)$ étant méromorphes dans D, et N(Y) est un polynome $P(B_0, \ldots, B_{m-1})$.

Si D est simplement connexe du paragraphe 3 résulte l'existence de fonctions méromorphes sur F ayant une norme donnée, et par suite l'existence de solutions pour l'équation $P = g(x)$, où $g(x)$ est une fonction donnée méromorphe dans D et les B sont les inconnues.

5. Les résultats précédents s'étendent à des classes plus générales de surfaces de Riemann, par exemple aux surfaces $F = \lim_{n=\infty} F_n$, où chaque F_n a les mêmes propriétés qu'au paragraphe 2, mais où le nombre de feuillets de F_n peut croître avec n. Lorsqu'on passe de F_n à F_{n+1}, les nouveaux feuillets introduits ne communiquent avec les précédents qu'à l'extérieur de F_n, et l'on suppose que les projections des points de ramification de F sur le plan (x) ne s'accumulent que sur la frontière de D.

Tous les résultats obtenus pour les fonctions uniformes ou les intégrales abéliennes sur une surface de Riemann s'interprètent dans la théorie des groupes automorphes.

ANALYSE FONCTIONNELLE. — *Sur les fonctionnelles linéaires. Pseudo-topologie.* Note de M. **Otton Martin Nikodým**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. Notre but est d'éclairer cette proposition que plusieurs fonctionnelles linéaires peuvent être représentées sous la forme d'une intégrale. Ce fait semble être lié à la notion de *pseudo-topologie* que nous axiomatisons ainsi : Soit 1 un ensemble non vide d'êtres quelconques, et (G) une classe de sous-ensembles $a, b, \ldots$ de 1 satisfaisant aux conditions suivantes : $0 \in (G)$, $1 \in (G)$; si $a, b \in (G)$, alors $a.b \in (G)$; si $a_1, a_2, \ldots, a_n, \ldots$, en quantité au plus dénombrable, appartiennent à (G), il en est de même pour $\Sigma_n a_n$. La classe (G) s'appelle une *pseudo-topologie* (*p. t.*) *sur* 1, ses ensembles $a, b, \ldots$ ensembles *pseudo-ouverts* (*ens. p. ouv.*) et leurs complémentaires co a, co b, ... (par rapport à 1) ensembles *pseudo-fermés*.

(²) *Cf.* Myrberg, référence citée.

Exemples. — 1° La classe de tous les sous-ensembles mesurables de $(0, 1)$; 2° la classe de toutes les images inverses $x^{-1}(\alpha)$ des sous-ensembles α de $(-\infty, +\infty)$ satisfaisant à la condition de Baire où $x(s)$ est une fonction fixée, définie pour tous les $s \in 1$; 3° topologie ordinaire.

2. Une fonction $f(s)$ aux valeurs réelles, définie pour tous les $s \in 1$, s'appellera *pseudo semi-continue supérieurement* (*fc. p. sc. sup.*) [*pseudo semi-continue inférieurement* (*fc. p. sc. inf.*)], lorsque pour chaque λ réel l'ensemble $\hat{s}\{f(s) < \lambda\}$, $[\hat{s}\{f(s) > \lambda\}]$ est *p. ouv.* $f(s)$ s'appellera *pseudo continue* (*fc. p. con.*) lorsqu'elle est, en même temps, *p. sc. sup.* et *p. sc. inf.* Pour que $f(s)$ soit *p. sc. sup.*, *p. sc. inf.*, *p. con.*, il faut et il suffit que les images inverses des intervalles ouverts $(-\infty, \lambda)$, $(\lambda, +\infty)$, (λ, μ), pour λ, μ rationnels soient *p. ouv.* La fonction caractéristique d'un *en. p. ouv.* est *p. sc. inf.* et celle d'un *ens. p. fermé* est *p. sc. sup.* Si $f(s)$, $g(s)$ sont des *fc. p. sc. sup.* et si $\lambda \geqq 0$, il en est de même pour $f(s) + g(s)$, $f^+(s) = \max[f(s), 0]$, $f^-(s) = \min[f(s), 0]$, $f(s) \cup g(s) = \max(f(s), g(s)$, $\lambda f(s)$. Si $f_1(s) \geqq f_2(s) \geqq \ldots$ est une suite infinie de *fc. p. sc. sup.* et, si $f(s) = \lim f_n(s)$, alors $f(s)$ est aussi *p. sc. sup.* Si $f_n(s)$ sont des *fc. p. sc. sup.* et $f_n(s)$ tend uniformément vers $f(s)$, alors $f(s)$ est aussi *p. sc. sup.* Si λ est réel, et $f(s)$, $g(s)$, $f_n(s)$ sont *p. con.*, il en est de même pour $\lambda f(s)$, $f(s) + g(s)$, $f(s) \cup g(s)$, $f(s) \cap g(s) = \min[f(s), g(s)]$, $f^+(s)$, $f^-(s)$, $|f(s)|$; $f(s)g(s)$ et, si $f_n(s)$ converge uniformément vers $h(s)$, alors $h(s)$ est aussi *p. con.* Si $f(s)$ est *p. con.*, $|f(s)| < M$, $\Phi(\lambda)$ est une fonction ordinairement continue dans $(-M, +M)$, alors $\Phi[f(s)]$ est *p. con.* Si $f(s)$ est *p. con.*, il en est de même pour $\operatorname{arc\,tg} f(s)$. Si $f(s)$ est *p. con.*, $|f(s)| < M > 0$, alors $\operatorname{tg}[f(s)\pi/2M]$ est aussi *p. con.*

3. Un *en. p. ouv.* a s'appelle *actif*, lorsqu'il existe un ensemble ouvert α de nombres réels et une *fc. p. con.* $f(s)$ tels que $f^{-1}(\alpha) = a$. Les ensembles 0 et 1 sont actifs. Pour que a soit actif il faut et il suffit qu'il existe une *fc. p. con.* $x(s)$ telle que : 1° $s \in a$ entraîne $x(s) > 0$; 2° $s \in \operatorname{co} a$ entraîne $x(s) = 0$. Également il faut, et il suffit que la fonction caractéristique de a soit limite d'une suite non décroissante convenable de *fc. p. con.* Un ensemble actif est toujours un en. pseudo-(F_σ). Les ensembles actifs de (G) constituent une *p. t.* (G^*) qui s'appellera *pseudo-topologie réduite de* (G). Deux *p. t.* (G_1), (G_2) s'appellent *équivalentes*, $(G_1) \sim (G_2)$, lorsque les classes de leurs fonctions *p. cont.* coïncident. On a $(G) \sim (G^*)$. Pour que $(G_1) \sim (G_2)$, il faut et il suffit que $(G_1^*) = (G_2^*)$.

Exemple. — La plus petite *p. t.* contenant tous les sous-ensembles ouverts de $(-\infty, +\infty)$ et, en même temps, l'ensemble p de tous les nombres irrationnels est équivalente à la topologie ordinaire sur $(-\infty, +\infty)$.

L'intersection d'un nombre quelconque de speudo-topologies sur 1 est aussi une *p. t.* sur 1. Si (K) est une classe quelconque, non vide de sous-ensembles de 1, il existe une plus petite *p. t.* sur 1, comprenant (K). La plus petite

tribu $(B)_G$ simplement additive de sous-ensembles de 1 [c'est-à-dire si $b \in (B)_G$, on a co $b \in (B)_G$; si a, $b \in (B)_G$, on a $a + b \in (B)_G$], telle que $(G) \subseteq (B)_G$, s'appellera l'*extension Booléenne de* (G). La plus petite tribu $(T)_G$ dénombrablement additive de sous-ensembles de 1 [c'est-à-dire : si $b \in (T)_G$, on a co $b \in (T)_G$; si $b_1, b_2, \ldots, b_n, \ldots \in (T)_G$, on a $\Sigma_{n=1}^{\infty} b_n \in (T)_G$], telle que $(G) \subseteq (T)_G$ s'appellera l'*extension Borélienne de* (G). La classe $(T)_G$ est une *p. t.* sur 1. Ceci n'est pas toujours vrai pour $(B)_G$. Cette classe coïncide avec la classe de toutes les sommes finies $\Sigma_i a_i b_i$ où a_i est *p. ouvert* et b_i, *p. fermé*.

GÉODÉSIE. — *Liaisons gravimétriques internationales et détermination de la base française Paris-Toulouse.* Note de M. **Jean Martin**, présentée par M. Pierre Lejay.

Dans une Note précédente [1] nous avons donné les différences des valeurs de la pesanteur entre Paris et diverses bases internationales mesurées à l'aide du gravimètre n° 42, en utilisant la constante d'étalonnage donnée par le constructeur.

Un nouveau gravimètre, Western n° 47, ayant été acquis par les Expéditions Paul-Émile Victor, nous avons procédé à la détermination de la différence de la pesanteur entre Paris et Milan avec les deux instruments et entre Paris et Madrid avec le 47 qui a seul un champ assez étendu. Ce dernier instrument ayant été trouvé sensible aux variations de la pression atmosphérique, Mme Bayard-Duclaux a mesuré dans un caisson pneumatique la correction correspondante. En tenant compte de cette correction (0,1628 division par millimètre de mercure; 1 division vaut $0^{\mathrm{mgal}},8987$), on a obtenu les résultats suivants :

Paris-Milan (*cave de l'École Polytechnique*). — Avec le 42 : $\Delta g = 378^{\mathrm{mgal}},93$ (aller); $378^{\mathrm{mgal}},50$ (retour); avec le 47 : $\Delta g = 378^{\mathrm{mgal}},49$ (aller), $378^{\mathrm{mgal}},50$ (retour); soit en moyenne (élimination de la dérive), gravimètre 42 : $378^{\mathrm{mgal}},71$; gravimètre 47 : $378^{\mathrm{mgal}},68$.

Paris-Madrid (*bibliothèque de l'Observatoire*). — Gravimètre 47, différence Le Bourget-Madrid : $\Delta g = 912^{\mathrm{mgal}},06$ (aller); $\Delta g = 971^{\mathrm{mgal}},33$ (retour), soit en moyenne (élimination de la dérive) : $\Delta g = 971^{\mathrm{mgal}},69$, et pour Paris (Observatoire)-Madrid : $965^{\mathrm{mgal}},0$.

Ces valeurs ainsi que celles que nous avons publiées précédemment présentent avec les valeurs mesurées par d'autres observateurs, généralement au moyen de pendules libres, des différences appréciables, s'échelonnant entre 1,2 et $7^{\mathrm{mgal}},9$, sensiblement proportionnelles à la différence de pesanteur mesurée. L'excès relatif, calculé sur les différences entre Paris et Uccle, Paris et l'ensemble des déterminations britanniques, Paris et Milan, est pour le gravimètre 42 de 0,00608.

En admettant que ces écarts sont dus à un étalonnage défectueux, ce qui ne

---

[1] *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 658.

peut surprendre puisque la constante d'étalonnage est donnée par le constructeur à 2 °/₀₀ près et qu'elle dépend de la température fixée au thermostat, on est conduit à modifier la valeur de la constante donnée par le constructeur de 6 °/₀₀ (0,6752 au lieu de 0^{mgal},6703 par division).

En reprenant avec cette nouvelle constante les déterminations précédentes, en corrigeant de même la constante des autres gravimètres utilisés, de la quantité convenable, on trouve, à partir de Paris-Observatoire ($g = 980,943$), les valeurs données dans le tableau suivant où g_1 désigne les valeurs admises antérieurement par d'autres observateurs :

	g. gals	g_1. gals	$g - g_1$. mgals
Uccle	981,131 0	981,131 0	0,0
Teddington	981,195 1	981,195 0	0,1
Greenwich (Nat. Grav. Stat.)	981,189 1	981,188 8	0,3
Edimbourg	981,581 6	981,579 7	1,9
Milan	980,566 0	980,566 0	0,0
Godthaab	982,201 0	982,201 5	−0,5
Madrid	979,983 8	979,983 (²)	0,8
Genève	980,581 5	980,582	−0,5

L'accord excellent à toutes les bases (en exceptant la base secondaire d'Edimbourg) justifie, semble-t-il, l'hypothèse admise.

Les valeurs de la pesanteur obtenues par nous en France et au Groenland, réduites dans ce système, c'est-à-dire basées sur l'ensemble des valeurs fondamentales de l'Ouest européen, feront l'objet d'une publication séparée. Nous donnerons seulement ici les valeurs conclues pour les stations de référence françaises :

Toulouse	980,444 2	St-Genis-Laval	980,619 3
Pic du Midi	979,747 5	Clermont-Ferrand	980,581 2

Remarques sur la Note précédente et valeur de la pesanteur à la station fondamentale marocaine, par M. **Pierre Lejay**.

1° Dans une Note antérieure (¹) nous avons fait remarquer que les observations faites en France à l'aide des gravimètres modernes assuraient l'homogénéité du réseau gravimétrique français, mais que l'unité de mesure restait mal déterminée. Les travaux de M. Jean Martin nous permettent maintenant de reprendre les calculs dans un système offrant de solides garanties. Il est

---

(²) Valeur obtenue par Reignier en 1931 (rapport sur les liaisons gravimétriques exécutées de 1931 à 1934 avec l'appareil pendulaire de Mioni).

(¹) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 565.

difficile en effet d'attribuer au hasard le fait que les valeurs aux bases nationales des pays limitrophes de la France, reliées à Potsdam par des observateurs différents utilisant des instruments variés, forment un ensemble cohérent. Cet ensemble définit ce qu'on pourrait appeler le *milligal européen* qui est sans doute extrêmement voisin de l'unité C. G. S.

Les travaux de M. Jean Martin nous révèlent aussi que la valeur admise pour Paris $g = 980,943$ est exacte. Nous nous proposons de préciser ce point ultérieurement.

2° La valeur déterminée pour Toulouse, donnée dans la Note de M. Jean Martin, nous permet de soumettre l'étalonnage de nos pendules à un nouvel examen. En comparant les valeurs que nous avons obtenues à Paris et Toulouse avec les gravimètres Holweck-Lejay nos 42 et 622, nous trouvons que l'étalonnage du premier, établi lui-même par des observations en de nombreuses bases internationales, est correct à 1 °/₀₀ près, tandis que l'étalonnage provisoire du 622 ([2]) doit être corrigé de 8 °/₀₀.

Ceci admis, nous pouvons fournir une vérification intéressante des considérations développées par Jean Martin : au cours de notre dernière campagne au Maroc (avril-mai 1942), dont nous donnerons prochainement les résultats complets, nous avons en effet obtenu pour les différences de pesanteur entre Paris et Berrechid (observatoire Averrhoes) les valeurs suivantes :

		mgal
Pendule 42	aller	1379,5
	retour	1380,2
Pendule 622	aller	1379,6
	retour	1381,0
Soit, en moyenne		1380,1

La valeur conclue pour Berrechid, à partir de Paris ($g = 980,943$), serait donc : $g = 979,5629$, alors que Reignier avait trouvé ([3]) avec un pendule de Mioni : $g = 979,5622$.

Cet accord pratiquement parfait, qui étend la gamme des comparaisons entre valeurs obtenues par des méthodes différentes depuis le Groenland jusqu'au Maroc, soit sur plus de 2500^{mgal}, donne une sécurité de plus à l'ensemble de ces déterminations.

([2]) P. Lejay, *Mesures de pesanteur exécutées dans le Sud de la France en* 1940 (*Comité Nat. de Géodésie*, 1942, p. 5).

([3]) Reignier, *loc. cit.*

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques propriétés des signaux à spectre limité.* Note de M. **Jacques Oswald**, présentée par M. Louis de Broglie.

On sait que tout signal à spectre limité, c'est-à-dire toute fonction $x(t)$ à carré sommable dont l'adjoint de Fourier $X(f)$ est nul en dehors d'un intervalle fini $(-f_1, f_1)$, peut se développer en série de fonctions orthogonales suivant la relation

$$x(t)=\sum_{n=-\infty}^{+\infty} x_n \frac{\sin(2\pi f_1 t - n\pi)}{2\pi f_1 t - n\pi} \qquad \text{avec} \quad x_n = x\left(\frac{n}{2f_1}\right).$$

Un tel signal est donc entièrement caractérisé par des ordonnées équidistantes x_n; les coefficients x_n sont les composantes d'un vecteur du sous-espace de Hilbert défini par le segment $(-f_1, f_1)$ dans l'espace (f) transformé de l'espace (t) par la transformation unitaire de Fourier. Toutes les grandeurs caractéristiques du signal $x(t)$ s'expriment en fonction des coefficients x_n; toutes les transformations de $x(t)$ par les opérateurs linéaires peuvent s'étudier également à l'aide de composantes x_n.

Grandeurs caractéristiques. — Les grandeurs caractéristiques du signal sont les *moments* des lois de probabilité définies par les densités $x^2(t)$ et $X(f)\overline{X}(f)$ supposées normées. Les moments du premier et du deuxième ordre se calculent facilement à l'aide de coefficients x_n. A titre indicatif, la norme vaut $\frac{1}{2f_1}\sum_{-\infty}^{+\infty} x_n^2$, et des écarts quadratiques moyens Δt et Δf sont donnés par les relations

$$\Delta t^2 = \frac{\pi}{2f_1^2}\,\frac{\left(\sum x_n^2\right)\left(\sum n^2 x_n^2\right)-\left(\sum n x_n^2\right)^2}{\left(\sum x_n^2\right)^2},$$

$$\Delta f^2 = \frac{2f_1^2}{\pi}\,\frac{\sum_m\left[\sum_n \frac{(-1)^{m-n}}{m-n}x_n\right]^2}{\sum x_n^2}.$$

Transformations du signal $x(t)$. — Tous les opérateurs linéaires A qui transforment $X(f)$ en $Y(f) = A(f)X(f)$ font correspondre à $x(t)$ le produit de composition

$$y(t) = a(t)\star x(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} a(t-\tau)\,x(\tau)\,d\tau, \qquad \text{avec} \quad a(t) = \int_{-f_1}^{+f_1} A(f)\,e^{2\pi i f t}\,df.$$

Le vecteur Y appartient au même sous-espace que X, puisque $A(f)X(f)$ est limité comme $X(f)$ à l'intervalle $(-f_1, f_1)$. Y peut se développer comme X en série de fonctions orthogonales et les coefficients y_n sont les produits de x_n

par une matrice qui joue le même rôle que les intégrales de composition et qu'on pourrait appeler *matrice de composition*. Cette matrice vaut

$$A = \| a_{ik} \| = \frac{1}{2f_1} \left\| a\left(\frac{i-k}{2f_1}\right) \right\|.$$

Les éléments de la diagonale principale sont tous égaux à $a(0)$ et chaque ligne se déduit de la précédente par le décalage d'un indice. Si $A(f)$ est réel, $a(t)$ est pair et la matrice A hermitienne; si $A(f)$ est imaginaire pur, $a(t)$ est impair, la matrice A antihermitienne; si $|A(f)| = 1$, la matrice A est unitaire.

Exemples d'opérateurs. — *a. Opérateur de translation* T_h.

$$y(t) = T_h x(t) = x(t-h).$$

La matrice vaut

$$T_{h,mn} = \left\| \frac{\sin[(m-n)\pi - 2\pi f_1 h]}{(m-n)\pi - 2\pi f_1 h} \right\|.$$

Si $2hf_1 = k =$ entier, $T_{h,m,n} = \delta_{m-n,k}$ qui transforme x_n en x_{n-k}.

b. Opérateur de dérivation d/dt. — Il lui correspond $D(f) = 2\pi i f$.

$$D = \| d_{mn} \| = 2f_1 \left\| \frac{(-1)^{m-n}}{m-n} \right\| \qquad \text{avec} \quad m \neq n.$$

Les termes d_{mm} sont nuls, la matrice étant antihermitienne. On en déduit le développement

$$\frac{dx}{dt} = \sum_{-\infty}^{+\infty} x'_n \frac{\sin(2\pi f_1 t - n\pi)}{2\pi f_1 t - n\pi} \qquad \text{avec} \quad x'_n = 2f_1 \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \frac{(-1)^{n-m}}{n-m} x_m.$$

c. A un *filtre* sans pertes dont la bande passante est supérieure ou égale à f_1, à un déphaseur quelconque correspondent des opérateurs unitaires. A un filtre sans pertes dont la bande passante est extérieure à l'intervalle $(0, f_1)$ correspond un opérateur hermitien.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la production multiple de photons dans le rayonnement de freinage.* Note (*) de M. **Bernard d'Espagnat**, présentée par M. Louis de Broglie.

Lorsqu'on cherche à calculer la section efficace de diffusion d'un électron compte tenu du rayonnement émis, la méthode habituelle des perturbations conduit comme on sait à une divergence logarithmique du côté des basses fréquences (catastrophe infrarouge). La méthode de Bloch et Nordsieck ([1]), qui contrairement à celle des perturbations n'implique pas d'hypothèse *a priori* sur

(*) Séance du 20 juin 1949.

([1]) *Phys. Rev.*, 52, 1937, p. 54.

le nombre de photons émis, élimine cette difficulté et corrélativement conduit à un nombre infini de photons; toutefois Pauli et Fierz ([2]) ont montré que cette méthode se heurtait à son tour à une divergence logarithmique aux hautes fréquences, ce qui leur a fait envisager une coupure dans le spectre (par le moyen de l'électron non ponctuel).

Notre propos est d'étudier la production multiple mise en lumière par ces auteurs et de signaler une manière d'aborder le problème qui, *tenant compte de la variation non instantanée de la vitesse de l'électron*, permet dès ce stade de la théorie d'éliminer la nouvelle divergence. Nous devons tout d'abord remarquer que cette conception d'une variation non instantanée de la vitesse de l'électron est, dans la théorie de Bloch et Nordsieck, tout à fait cohérente : l'approximation sur laquelle est construite la méthode consiste essentiellement en effet à considérer la vitesse $\vec{v}$ de l'électron comme une grandeur classique : il est dès lors normal de regarder sa variation dans un processus de diffusion comme un phénomène continu ayant lieu dans un *temps de choc* fini Δt. (Remarquons que dans une théorie à la fois rigoureuse et purement quantique il apparaîtrait un intervalle de temps du même ordre : celui pendant lequel $\vec{v}$ serait indéterminé.)

Pour tenir compte de cette variation continue de $\vec{v}(t)$ nous considérons d'abord $\vec{v}(t)$ comme donné à chaque instant : conformément à l'approximation de Bloch et Nordsieck, cela revient à remplacer $\vec{\alpha}$ par $\vec{v}(t)/c$ dans l'Hamiltonien du champ électromagnétique en présence de l'électron; en vertu de la forme de cet Hamiltonien nous sommes alors ramenés au problème suivant : trouver la probabilité des états finaux d'un nombre infini d'oscillateurs quantiques initialement dans leur état fondamental (absence de photons) et soumis chacun à une « *force* » variant comme les composantes de $\vec{v}(t)$; la solution est simple lorsque pour $\vec{v}(t)$ on se donne une loi simple : les résultats du calcul dans trois cas particuliers sont les suivants :

A. Δt est très court devant la période $T_s = 2\pi/\omega_s$ de l'un des oscillateurs. Alors on démontre aisément ([3]) que la loi de probabilité du nombre quantique n_s de l'oscillateur en question est une loi de Poisson,

$$(1) \qquad P_s = \frac{w_s^{n_s}}{n_s!} e^{-w_s}; \qquad w_s = \frac{2\pi e^2 q^2}{\hbar V m^2 \omega_s^3} \sin^2(\vec{k}_s, \vec{q}) \quad (^4).$$

([2]) *Nuovo Cimento*, 15, 1938, p. 167.

([3]) *Cf.* E. Arnous, *Thèse*, Paris, 1946.

([4]) $\vec{q}$ transfert de moment au centre diffuseur.

B. $\Delta t \gg T_s$. Alors l'oscillateur de période T_s reste dans l'état quantique $n_s = 0$, ce qui est conforme au théorème de Born sur l'invariance adiabatique.

C. *Cas intermédiaire.* — On obtient encore une loi de Poisson pour P_s, mais la valeur probable $w'_s(\Delta t)$ s'écarte de $w_s(\Delta t = 0)$ et tend rapidement vers zéro dès que $\omega_s \Delta t \sim 2\pi$.

Si maintenant pour évaluer la section efficace de diffusion de l'électron dans l'angle solide $d\Omega = 2\pi \sin\theta\, d\theta$ avec émission simultanée de n_s photons sur chaque onde ($_s$) nous faisons simplement appel au théorème des probabilités composées, nous obtenons évidemment :

$$\sigma(0, \ldots, n_s, \ldots)\, d\Omega = d\Omega.\, R. \prod_s P_s.$$

R ayant la valeur $(m^2/4\pi^2\hbar^4)(v_f/v_i)|V_{mn}|^2$ que l'on obtient en négligeant tout rayonnement (section efficace de Rutherford) et $\prod_s P_s$ étant le produit de toutes les lois de probabilité pour les différents oscillateurs. On peut justifier *a posteriori* ce mode élémentaire d'évaluation de σ par le fait que *l'expression trouvée est identiquement celle de Bloch et Nordsieck avec les mêmes* ω_s, du moins tant que les fréquences considérées restent inférieures à la limite très élevée $\omega_0 = 2\pi/\Delta t$ (cas A).

La différence entre la présente théorie et celle de Bloch et Nordsieck et de Pauli et Fierz n'apparaît donc qu'aux très hautes fréquences (bien supérieures à la limite de Duane-Hunt) correspondant aux cas (B) et (C) : le résultat final est qu'il n'est pas légitime d'étendre jusqu'à l'infini le produit $\prod_s (w_s^{n_s}/n_s!)\, e^{-w_s}$ et que l'on a une approximation bien meilleure en faisant une coupure aux environs de ω_0.

Une coupure *naturelle* du spectre, valable aussi bien pour l'électron ponctuel, étant ainsi obtenue, *il n'y a plus de divergence* : nous pouvons par exemple adopter pour la suite des calculs la méthode de Pauli et Fierz (leur fréquence de coupure ω_1 due au rayon de l'électron étant simplement remplacée par ω_0 dont l'ordre de grandeur est le même); on arrive ainsi pour la section efficace de diffusion de l'électron aux valeurs très vraisemblables qu'ils ont données ([5]).

([5]) Interprétation à l'approximation d'ordre $e^2/\hbar c$: un photon virtuel de période T ne produit que des effets de self-énergie, à inclure dans la masse expérimentale, si T est assez court pour que $\vec{v}$ n'y varie pas sensiblement.

ACOUSTIQUE. — *Sur la vitesse du son dans l'air aux basses pressions.* Note de M. **Jean Maulard**, présentée par M. Jacques Hadamard.

La formule $V = \sqrt{\gamma p/\rho}$ qui donne la vitesse d'une onde sonore adiabatique et de faible amplitude dans un gaz, ne fait pas intervenir la pression du milieu, du moins dans un domaine où la chaleur spécifique à volume constant ne change pas. En 1940, Colwell et Gibson ([1]) ont vérifié que la vitesse du son ne varie pas sensiblement entre des pressions de 26^{cm} de mercure et de 176^{cm} de mercure (tout au plus notèrent-ils une augmentation de 0,5 m/sec. entre la pression atmosphérique et 26^{cm} de mercure).

Afin d'examiner si cette constance de la vitesse se maintient à des pressions plus basses, le dispositif expérimental suivant a été réalisé : un tuyau d'acier parfaitement étanche, long de 2743^{cm}, de diamètre intérieur 8^{cm}, a été enterré à une profondeur de 50^{cm}, afin de lui assurer une température peu variable et homogène. Un microphone à bobine mobile a été placé à une extrémité; à l'autre extrémité, une plaque métallique jouait le rôle de source sonore sous l'effet d'une percussion. La tension issue du microphone, proportionnelle à la vitesse du déplacement de l'air, était envoyée, après amplification, sur les plaques horizontales d'un oscillographe cathodique. Sur les mêmes plaques, un générateur à relaxation, synchronisé sur un diapason, donnait des impulsions courtes, à raison de 50 par seconde. L'enregistrement était fait sur film. L'onde sonore se réfléchissant plusieurs fois sur les extrémités du tuyau, pouvait être observée sur un parcours assez long.

1° La forme de l'enregistrement de chaque impulsion sonore est indépendante de la pression de l'air, mais elle varie avec l'amplitude de l'onde. La distance du front au sommet (qui correspond sur l'enregistrement au second point d'amplitude nulle, puisque cette amplitude est proportionnelle à la vitesse du déplacement de l'air), de l'ordre de 1/400 de seconde au début du parcours, est doublée vers l'extinction : l'onde s'allonge en se propageant. En même temps, la vitesse de front mesurée au début est supérieure d'environ 3 m/sec à ce qu'elle est vers la fin, en raison de l'allongement de l'onde; la vitesse du sommet diminue un peu plus vite. La nature de la source sonore, qui est en même temps une des surfaces réfléchissantes, n'intervient pas de façon appréciable.

2° Si l'on compare aux différentes pressions les vitesses moyennes prises, soit sur le trajet total enregistré, soit sur un parcours initial de 82^{m}, on observe à partir d'une pression de 15^{cm} de mercure une augmentation qui s'accentue lorsque la pression diminue.

([1]) Colwell et Gibson, *The Journal of the acoustical Society of America*, january 1941, **12**, n° 3, p. 436.

A 10^{cm} de mercure la vitesse est de 1,5 % supérieure à sa valeur à la pression atmosphérique; à 4^{cm} de mercure, l'écart positif atteint 4 % (les vitesses mesurées étant celles du front).

3° On aurait pu supposer que l'écart observé tenait à l'amplitude Δp de l'onde, dont le rapport à la pression statique p_0 devenait plus important quand celle-ci diminuait. L'augmentation théorique de la vitesse d'une onde d'amplitude finie est à peu près proportionnelle à $\Delta p/p_0$. Des expériences précises furent effectuées à une pression de 10^{cm} de mercure; sur un parcours de 137^{m}, une série de mesures donna une valeur moyenne de 343,8 m/sec rapportée à 15° C. Comme la vitesse à la pression atmosphérique était de 338,9 m/sec (la valeur théorique à l'air libre est de 340,3 m/sec), l'augmentation atteignait 4,9 m/sec. La deuxième série de mesures, où l'amplitude du son était trois fois plus forte, donna pour le même parcours une vitesse de 343,6 m/sec, soit une augmentation de 4,7 m/sec sur la valeur à la pression atmosphérique. Il apparaît donc que l'effet observé n'est pas produit par l'amplitude du bruit.

4° Les expériences ont été poussées jusqu'à une pression de 4^{cm} de mercure, au-dessous de laquelle le dispositif n'est plus assez sensible pour enregistrer l'onde après un parcours de 82^{m}. Pour un tel trajet, l'erreur possible sur la mesure de la vitesse est au maximum de 2 m/sec; cette erreur diminue si la vitesse est mesurée pour un trajet plus long. En fait, l'écart maximum d'une mesure à la valeur moyenne de l'ensemble n'a atteint le chiffre de 2 m/sec qu'exceptionnellement. Mais cette erreur expérimentale peut expliquer les faibles variations notées entre la pression atmosphérique et 15^{cm} de mercure, les valeurs données pour ces pressions étant tirées d'un petit nombre d'expériences.

5° L'augmentation de vitesse entre 15^{cm} et 4^{cm} de mercure suit très sensiblement une loi exponentielle. Le tableau suivant réunit les valeurs obtenues pour le parcours total et pour un parcours de 82^{m} à partir du début.

Pression en cm de mercure	76	50	40	30	20	15	13	10	8	6	5	4
Vitesses en m/s (parcours total)	338,9	339	339,7	340,1	340,6	341,2	342,1	343,9	345	348,1	350,6	352,3
Écart maximum à la moyenne	0,7	0,2	0	0,4	0	0,2	0,2	0,3	0,4	1	2	0,5
Vitesses pour 82^{m}.	338,9	–	340,8	–	339,9	342,7	342,6	344,2	346,1	348,2	356,4	352,3
Écart maximum à la moyenne	–	–	–	–	–	0,2	0,1	0,7	1,5	0,9	2	0,5

En résumé, la vitesse du son dans les tuyaux, à peu près indépendante de la pression jusqu'à 15^{cm} de mercure, augmente pour des pressions inférieures suivant une loi exponentielle; à 4^{cm} de mercure, l'écart atteint 4 %.

HAUTES FRÉQUENCES. — *Sur la méthode autodyne en résonance magnétique nucléaire.* Note (*) de MM. **Pierre Grivet**, **Michel Soutif** et **Robert Gabillard**, présentée par M. Jean Cabannes.

Pour observer la résonance magnétique nucléaire, on se ramène à mesurer une petite variation périodique dans l'inductance (ΔL) ou dans la résistance apparente (Δr) d'une petite bobine en haute fréquence ($F = 30$ MH par exemple). Pour cela, il a été suggéré par Gorter de constituer avec la bobine considérée et un condensateur convenable le circuit oscillant d'un autooscillateur à lampe : les variations de L se traduisent alors par un léger glissement de la fréquence émise (ΔF), celles de r par un léger changement de l'amplitude de l'oscillation, effet que l'on peut mesurer facilement par des techniques classiques en radioélectricité. La validité de ces vues n'a été jusqu'à présent démontrée qu'assez sommairement par l'expérience [A. Roberts ([1])] et nous nous sommes proposé d'approfondir l'étude de ce dispositif.

1. Les taux de modulation à déceler sont très faibles, de l'ordre de 10^{-6} pour l'amplitude, et de 10^{-5} pour la fréquence avec notre installation ([2]) pour les corps les plus favorables.

Dans ces conditions, tout essai demande un réglage minutieux, ce qui rend très longue la mise au point des perfectionnements au montage. On évite ces difficultés en faisant porter les réglages et comparaisons sur un phénomène artificiel de même caractéristique que le naturel, mais d'intensité 100 ou 1000 fois plus grande et de grandeur calculable.

Les variations de ΔL et Δr dans la bobine étudiée B_1 sont alors provoquées par le couplage (ajustable dans de larges limites) d'une bobine B_2, débitant sur une résistance variable constituée par l'espace cathode-plaque d'une lampe dont la grille module le courant à 50 Hz ([3]).

2. La bobine étudiée et son condensateur sont placés dans la grille d'une lampe; un autre circuit dix fois plus amorti est placé dans la plaque et son accord sert à régler l'accrochage; l'amplitude des oscillations est réglée à un niveau très faible.

Vu la petitesse des variations de fréquence et d'amplitude envisagées, il est facile de séparer leurs effets; nous avons utilisé dans ce but des dispositifs classiques.

3. Avec cet appareil nous avons expérimenté sur l'eau et les solutions aqueuses de sel paramagnétiques et mis en évidence les propriétés suivantes :

(*) Séance du 20 juin 1949.

([1]) *Rev. Scient. Inst.*, 18, 1947, p. 845.

([2]) P. Grivet et M. Soutif, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1852.

([3]) Cet appareil s'est avéré très utile dans la mise au point des autres procédés d'étude de la résonance nucléaire.

3.1. L'appareil est beaucoup plus sensible aux variations ΔL (dispersion) qu'aux variations Δr (absorption) qui ne sont observables que si l'intensité d'oscillation est très faible. Cette insensibilité ne doit être considérée qu'en partie comme une caractéristique intrinsèque du montage; elle est due aussi à la saturation de l'absorption nucléaire, due à l'excitation toujours trop forte (tension minimum aux bornes de la bobine : 0,02 volt).

3.2. La saturation de l'effet de dispersion (ΔL) se manifeste aussi, mais pour des excitations beaucoup plus grandes, alors que l'effet d'absorption a complètement disparu.

Les courbes montrent l'allure de l'intensité du phénomène de dispersion en fonction du degré d'excitation pour l'eau et les solutions aqueuses de nitrate ferrique (*fig.* 1).

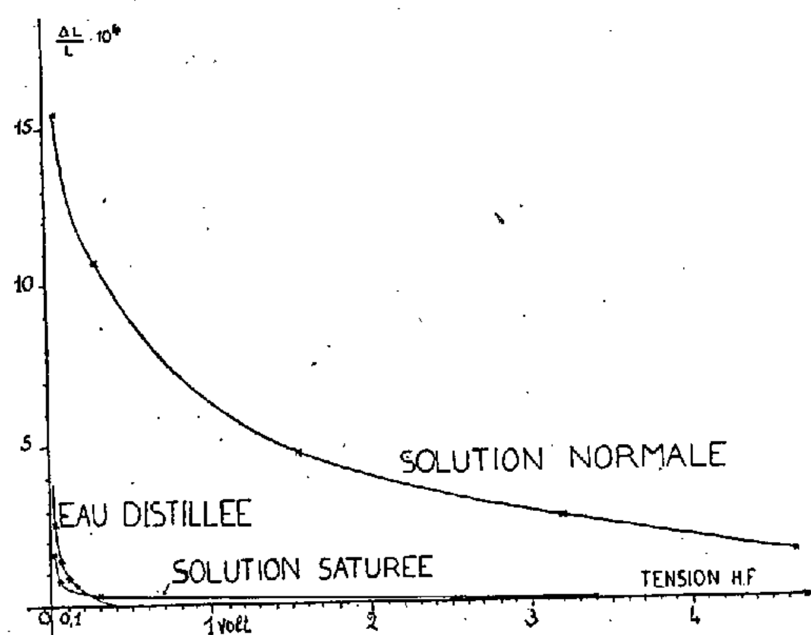
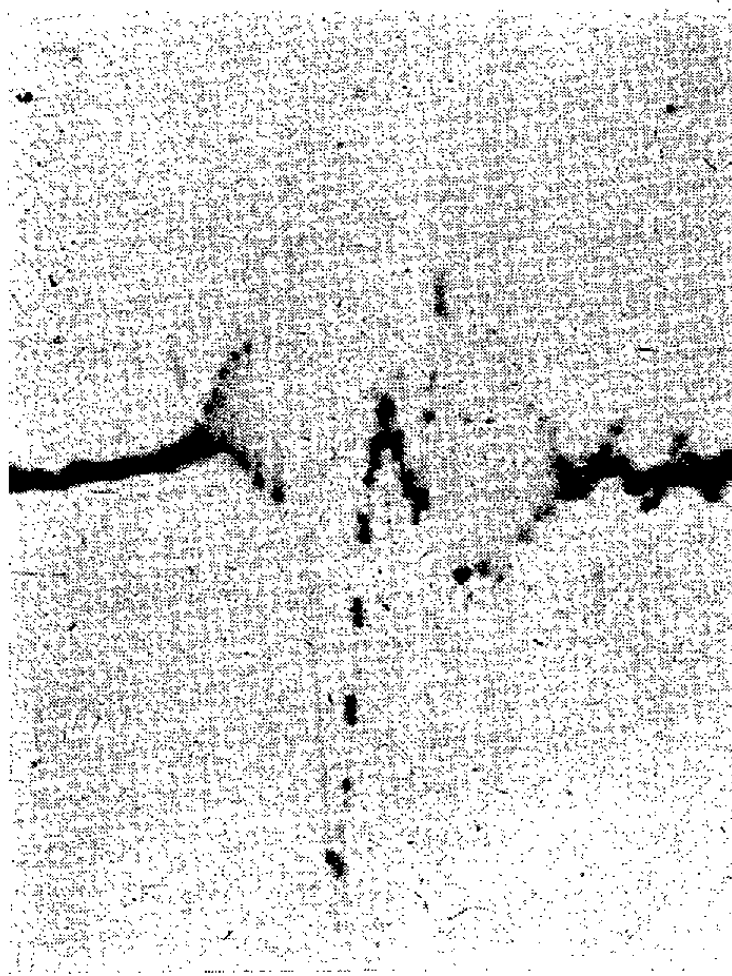


Fig. 1.


Fig. 2.

3.3. Avec l'eau pure, l'appareil nous a permis d'enregistrer plusieurs aspects du régime d'établissement de la résonance appelé par les auteurs américains *wiggles* (*fig.* 2).

Nous avons pu mettre en évidence un aspect nouveau de ce phénomène; il apparaît avec une intensité normale, mais de manière fugitive, pour s'évanouir au bout d'un temps qui est de l'ordre du temps de relaxation T_2 de Purcell et Pound lorsqu'on opère dans les conditions suivantes :

Excitation suffisamment grande pour faire disparaître le phénomène normal (dispersion) en régime permanent.

Variation rapide du champ permanent d'orientation à partir d'une valeur

telle que la zone de balayage alternatif ne couvre pas le domaine de résonance, jusqu'à une valeur finale qui permette d'atteindre la résonance au cours du balayage.

OPTIQUE. — *Note sur l'identification des franges d'interférogrammes d'écoulements gazeux.* Note de M. **Jean Dupuy**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'emploi des méthodes interférométriques dans des souffleries de plus en plus puissantes et rapides conduit à des déplacements de franges de plus en plus grands. L'identification des franges pose alors un problème très difficile.

Si l'écoulement est très stable, on peut placer un tube de Pitot, dans une zone de vitesse uniforme, pour obtenir ainsi la densité en un point de l'écoulement; on déduira les variations de densité autour de ce point au moyen d'un interférogramme pris en lumière monochromatique. Mais, ceci suppose qu'il n'y a pas eu d'inversion dans l'ordre de numérotation des franges, ce que rien ne permet de déceler sur un interférogramme pris en lumière monochromatique. De plus, l'emploi d'un tube de Pitot est quelque peu contradictoire, car les méthodes optiques ont précisément pour but d'éliminer les erreurs graves inhérentes aux méthodes mécaniques.

Une solution purement optique du problème consiste à obtenir d'un même écoulement deux interférogrammes supplémentaires :

A. L'un en lumière polychromatique, ce qui permet de repérer sans ambiguïté la frange achromatique.

B. L'autre en lumière dichromatique donnant des battements de franges, de période connue; mais il sera alors fréquemment nécessaire pour lever toute ambiguïté sur leur identification, de recourir à des clichés pris avec des battements de périodes différentes.

Ces deux méthodes ont été utilisées avec succès sur un interféromètre de Jamin [1] en prenant de la lumière blanche comme lumière polychromatique.

Sur un interféromètre de Mach, au contraire, la frange centrale était beaucoup plus éloignée de la frange achromatique, l'estompage des franges étant trop lent et l'identification de la frange centrale restait très douteuse. Ces essais ont été repris à la Soufflerie Supersonique de Grenoble sur une maquette d'interféromètre de Mach de $1^m,50$, montée avec deux séparateurs de 85^{mm} de diamètre taillés dans deux plateaux différents, en perfectionnant les méthodes de réglage. Le cliché de gauche montre deux franges très contrastées autour desquelles aucune autre frange n'est visible. La frange centrale est donc parfaitement isolée. Le cliché de droite est obtenu en combinant :

1° Un éclairage polychromatique renforçant légèrement la frange centrale.

2° Un éclairage dichromatique provoquant des battements de période

(1) J. Dupuy, *Publ. scient. et tech. Minist. Air*, n° 150, p. 74.

6,5 franges. On remarquera que sur ce cliché, la frange centrale n'est pas tout à fait achromatique, le décalage est d'environ 0,5 frange.

Des battements de période 4 franges ont été également réalisés pour faciliter l'identification.

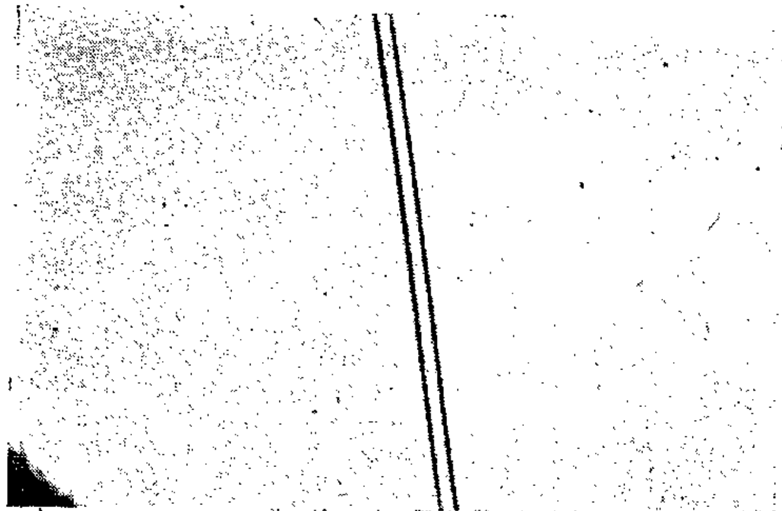


Fig. 1. — Frange achromatique obtenue en lumière polychromatique.

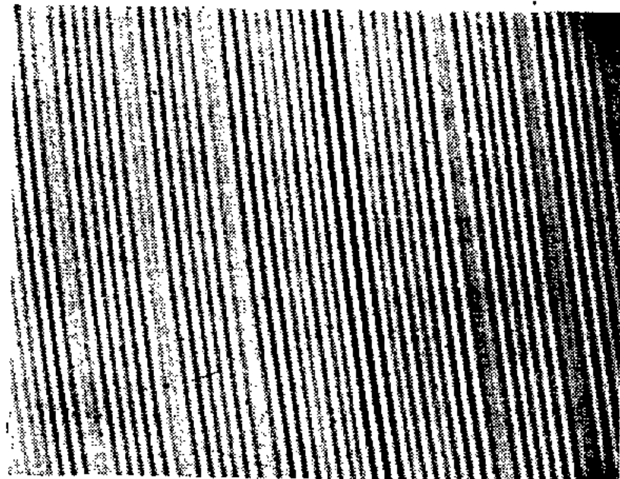


Fig. 2. — Frange centrale entourée de battements de franges de période 6,5 franges.

Un éclateur au magnésium unique suffit pour prendre simultanément ces différents interférogrammes, cliché monochromatique compris. Des clichés isolés en éclairage polychromatique et dichromatique combinés ont été obtenus en une seule étincelle.

L'obtention de la teinte plate (tout au moins au centre du champ, le bord présentant des défauts inférieurs à la frange) a d'ailleurs facilité le problème : si l'écoulement est bidimensionnel, les franges tracent directement la carte des densités. Aucun calcul de réduction n'est nécessaire, sauf une légère correction des bords du champ.

Cependant, au voisinage de l'onde de choc la méthode de l'identification par éclairage dichromatique reste nécessaire.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Théorie de l'effet Kerr d'une solution soumise à une impulsion électrique rectangulaire.* Note (*) de M. **Henri Benoit**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une récente Note ([1]) nous avons décrit un dispositif qui permet de mesurer la variation en fonction du temps de la biréfringence présentée par un liquide soumis à une impulsion électrique de courte durée. Nous nous proposons de montrer maintenant comment cette méthode permet de déterminer la constante de diffusion de rotation brownienne D des particules en solution et de voir si ces dernières portent un moment permanent.

(*) Séance du 8 juin 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1716.

Nous supposerons que la concentration est suffisamment faible pour que les interactions soient négligeables, que les particules, toutes identiques, sont assimilables à de petits solides de révolution dont les axes géométriques, optiques et électriques coïncident et enfin que les forces d'inertie sont négligeables.

On pourra donc caractériser l'état du milieu par la fonction de répartition des orientations $\rho(\theta, t)$, où θ est l'angle que fait l'axe d'une particule avec la direction du champ électrique à l'instant t. En admettant que l'on peut appliquer les lois générales du mouvement brownien, la fonction ρ satisfait à l'équation

$$\text{(1)} \qquad D\nabla\rho + \operatorname{div}\rho\vec{c} = \frac{\partial\rho}{\partial t},$$

où $\vec{c}$ est la vitesse de rotation que prendraient, en l'absence du mouvement brownien, les particules placées dans le champ d'orientation. Si les particules sont soumises à un champ de forces dérivant d'un potentiel w l'équation (1) devient

$$\text{(2)} \qquad \nabla\rho + \frac{1}{kT}\operatorname{div}\left(\rho \operatorname{grad}\vec{w}\right) = \frac{1}{D}\frac{\partial\rho}{\partial t}.$$

Cette équation permet de déterminer la fonction ρ à partir des conditions aux limites imposées, puis la biréfringence Δn du milieu. Si les particules portent un moment permanent μ, w a pour expression : $w_1 = E\mu\cos\theta$ où E est le champ électrique effectif.

Si les particules présentent une anisotropie électrique ou géométrique (effet de cavité), l'énergie a pour expression $w_2 = (\alpha_1\cos^2\theta + \alpha_2\sin^2\theta)E^2$, où α_1 et α_2 sont les facteurs de forme de Maxwell ([2]). Nous examinerons ce qui se passe dans ces deux cas simples extrêmes.

Étude de la fonction de répartition. — *a. Au moment de l'établissement du champ.* — La condition initiale est $\rho = 1$ pour $t = 0$. On peut mettre $\rho(\theta, t)$ sous la forme d'un développement en série :

$$\text{(3)} \qquad \rho(\theta, t) = \sum_n f_n(t)\, P_n(\cos\theta),$$

où f_n est une fonction indéterminée et P_n le polynome de Legendre d'ordre n. Dans le cas du moment permanent, on trouve, en posant $p = t\mu/KT$,

$$\text{(4)} \qquad \rho(\cos\theta, t) = 1 + p\left\{1 - e^{-\left(2+\frac{p^2}{5}\right)Dt}\right\}P_1(\cos\theta)$$
$$+ p^2\left\{1 - \frac{p^2}{15} - \frac{3}{2}e^{-\left(2+\frac{p^2}{5}\right)Dt} + \left(\frac{1}{2} + \frac{p^2}{15}\right)e^{-\left(6-\frac{p^2}{5}\right)Dt}\right\}P_2(\cos\theta) + \ldots$$

([2]) *Treatise on Electricity and Magnetism*, 1873.

Dans le cas du moment induit, en posant $q^2 = [(\alpha_1 - \alpha_2)/\mathrm{KT}]\,\mathrm{E}^2$, on trouve

$$(5)\qquad \rho(\cos\theta,\, t) = 1 + \frac{q^2}{3}\left\{1 - e^{-\left(6 - \frac{2q^2}{7}\right)\mathrm{D}t}\right\}\mathrm{P}_2(\cos\theta) + \ldots.$$

Dans les champs faibles, ces expressions se simplifient, car on peut négliger les termes en p^2 et q^2 entre crochets.

b. Au moment de la disparition du champ. — L'équation (2) se simplifie puisque $w = 0$; on peut exprimer la condition initiale $\rho(\theta, t) = \rho_0$ en la mettant sous la forme

$$(6)\qquad \rho_0 = \sum a_n \mathrm{P}_n(\cos\theta),$$

où les a_n sont des données du problème. L'intégration conduite par la même méthode que précédemment donne

$$(6')\qquad \rho = \sum_n a_n\, e^{-n(n+1)\mathrm{D}t}\,\mathrm{P}_n(\cos\theta).$$

Calcul de la biréfringence. — Nous utilisons la théorie quasi statique de la lumière telle qu'elle a été développée par Peterlin et Stuart ([3]) dans le cas des suspensions de particules et nous désignons par Δn_0 la biréfringence correspondant à l'état stationnaire dans le champ électrique constant E. On trouve que, à un instant t quelconque, la biréfringence du milieu a pour valeur

$$(7)\qquad \Delta n = \Delta n_0 \frac{f_2(t)}{f_0(t)}.$$

Elle ne dépend que de f_2 et f_0, coefficients de P_2 et P_0 dans le développement de ρ en série de polynômes de Legendre. On voit, en remplaçant ρ par les valeurs calculées à partir des relations 4, 5 et 6 que l'apparition de la biréfringence dépend de la nature du couple d'orientation tandis que sa disparition est exponentielle et a pour temps de relaxation $1/6\,\mathrm{D}$. Ce résultat est valable quelles que soient l'origine de l'orientation et la répartition initiale ([4]). La connaissance de la courbe expérimentale $\Delta n(t)$ permet donc de déterminer la constante de diffusion de rotation. Connaissant D on peut calculer la loi d'apparition de la biréfringence pour une particule pourvue d'un moment permanent ou d'un moment induit, et, en comparant le résultat ainsi obtenu et les valeurs expérimentales, on peut déterminer la nature du couple d'orientation.

([3]) *Doppelbrechung insbesondere künstliche Doppelbrechung*, Leipzig, 1943.

([4]) *Voir* par exemple, A. PETERLIN, *Z. Physik*, 111, 1938, p. 232.

EFFET RAMAN. — *Spectre Raman de basse fréquence d'un monocristal d'anthracène. Comparaison avec d'autres carbures aromatiques.* Note (*) de M. **Alfred Frühling**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les raies de basse fréquence observées dans le spectre Raman des cristaux organiques sont dues aux pivotements des molécules, considérées comme rigides, autour de leurs axes principaux d'inertie ([1]).

Dans la majorité des cas les mailles cristallines aromatiques ne présentent que deux orientations de molécules : on doit donc s'attendre à observer six raies de basse fréquence groupées deux par deux et dont le dédoublement n'est pas toujours décelable.

C'est ce qui arrive pour l'anthracène-cristal ([2]) dont nous avons pu obtenir le spectre de basse fréquence excité par la raie verte du mercure (5461 Å) et où l'on observe trois raies à $\nu = 48, 68$ et $120\ \mathrm{cm}^{-1}$ dont aucun dédoublement n'a encore pu être mis en évidence. L'anthracène cristallise dans le système monoclinique et contient par cellule élémentaire, deux molécules dont la disposition n'est pas simple par rapport aux axes cristallographiques; sa température de fusion est de 217° ([3]).

Les moments d'inertie de la molécule se déterminent aisément en supposant à la molécule une structure hexagonale régulière [hypothèse exacte à 3 % près pour les longueurs ([4])] avec les distances $C - C = 1{,}41$ Å ([3]) et $C - H = 1{,}1$ Å ([5]).

On a $I_u = 390.10^{-40}$ C. G. S., $I_v = 1870.10^{-40}$, $I_w = 2300.10^{-40}$; U étant l'axe longitudinal et W l'axe perpendiculaire au plan moléculaire.

Les fréquences $\nu = 48$, 68 et $120\ \mathrm{cm}^{-1}$ sont donc sans doute celles des pivotements autour des axes W, V et U respectivement. Les coefficients de rappel K correspondants sont proportionnels à $I\nu^2$ soit à 5,3, 8,7 et 5,7.

Ces coefficients sont plus élevés que ceux que l'on détermine pour d'autres carbures aromatiques pour lesquels on connaît le spectre Raman de basse fréquence, et aussi la structure moléculaire permettant le calcul des moments d'inertie ([6]).

(*) Séance du 27 juin 1949.

([1]) A. Roussset, *Ann. de Phys.*, 20, 1945, p. 53.

([2]) M. P. R. Bell (Oak Ridge National Laboratory, Tennessee) nous a fourni l'échantillon utilisé.

([3]) J. M. Robertson, *Proc. Roy. Soc. London*, A, 140, 1933, p. 79.

([4]) J. M. Robertson, Conférence, Paris (Inst. H. Poincaré 2 juin 1949).

([5]) H. A. Stuart, *Molekülstruktur* (Berlin, 1934), p. 78.

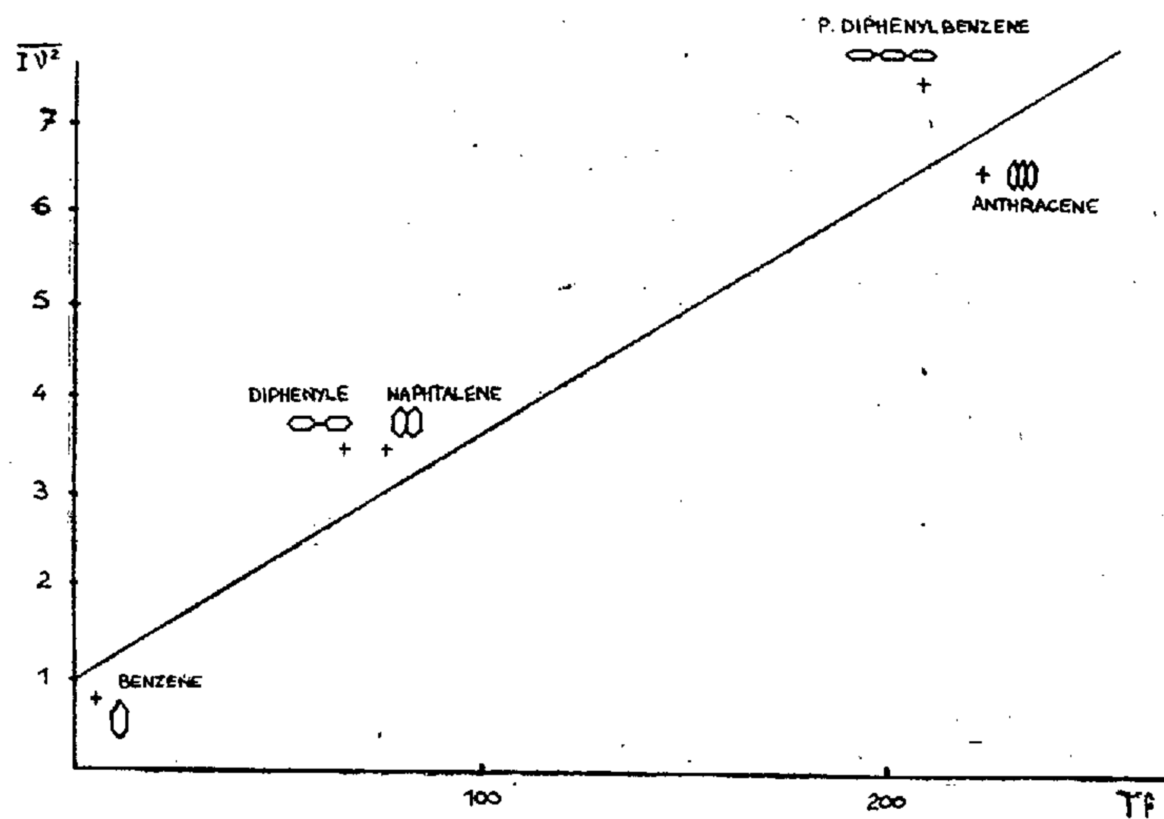
([6]) R. C. Evans, *Crystal Chemistry* (Cambridge, 1946).

C'est le cas du benzène ([7]), du diphényle ([8]), ([9]) ([10]) et du naphtalène ([11]), ([12]) (*voir* le tableau).

On remarque que pour chacun de ces corps, sauf pour le benzène, où l'attribution des raies n'est peut-être pas définitive, les produits $I\nu^2$ sont du même ordre de grandeur et en moyenne croissent en passant du benzène à l'anthracène par le diphényle et le naphtalène.

		U			V			W			
	T_f.	ν cm^{-1}.	$I.10^{40}$.	$\nu^2 I.10^{34}$.	ν cm^{-1}.	$I.10^{40}$.	$\nu^2 I.10^{34}$.	ν cm^{-1}.	$I.10^{40}$.	$\nu^2 I.10^{34}$.	$\overline{I\nu^2}$.
Benzène..........	5°	100	155	1,55	60	155	0,6	35	310	0,4	0,8
Diphényle.........	70	93	300	2,6	54	1550	4,5	41	1800	3	3,4
Naphtalène........	79	118	270	3,8	75	690	3,9	50	960	2,4	3,4
p-diphénylbenzène.	210	85	460	3,2	42	5150	9,1	42	5670	10	7,4
Anthracène........	217	120	390	5,7	68	1870	8,7	48	2300	5,3	6,6

Les températures de fusion T_f de ces corps vont aussi en croissant et si l'on porte la moyenne de $I\nu^2$ en fonction de T_f on obtient sensiblement une droite (*voir* figure).



Ce résultat est confirmé par les mesures récentes, mais certainement incomplètes sur le *p*-diphénylbenzène ([13]), qui présente trois noyaux aroma-

([7]) A. Fruhling, *Journal de Physique*, **8**, 1948, p. 88.
([8]) A. Fruhling, non publié.
([9]) S. A. Aziz, *Ind. J. Phys.*, **13**, 1939, p. 247.
([10]) R. Manzoni-Ansidei, *Boll. Sci. Fac. Chim. Ind. Bologna*, 1941, p. 145.
([11]) A. Kastler et A. Rousset, *Journal de Physique*, **2**, 1941, p. 49.
([12]) T. M. K. Nedungadi, *Proc. Ind. Acad. Sc.*, A, **13**, 1941, p. 161; **15**, 1942, p. 376.
([13]) S. K. Mukerji et L. Singh, *Phil. Mag.*, **37**, 1946, p. 874.

tiques alignés et coplanaires. Deux des moments d'inertie sont très voisins et il est probable que la première des fréquences 42 et 85 cm^{-1} est double en réalité. On en déduit les résultats portés sur le tableau précédent.

Donc pour ces substances non polaires, caractérisées par des molécules plates et allongées formées de noyaux aromatiques, les champs de force intermoléculaires de Van der Wals sont très semblables; les forces de rappel s'exerçant sur les molécules pivotantes sont celles qui conservent la cohésion cristalline. La moyenne des amplitudes des pivotements est la même pour tous ces corps à la fusion. Les relations classiques montrent d'ailleurs que ces amplitudes sont très faibles.

OPTIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur les constantes de la diffusion Rayleigh dans les liquides.* Note (*) de M. **Gérard de Vaucouleurs**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. La théorie généralement acceptée depuis les travaux de Rocard ([1]) de la diffusion Rayleigh dans les liquides conduit à l'expression suivante de la constante de Rayleigh totale (raie Rayleigh + spectre Cabannes-Daure),

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \tag{1}$$

avec

$R_1 = \frac{\pi^2}{2\lambda^4} kT\beta(\mu^2 - 1)^2$ (diffusion classique d'hétérogénéité),

$R_2 = R_1 \frac{13\rho}{6 - 7\rho}$ (diffusion classique d'anisotropie),

$R_3 = 0{,}052 \frac{13}{(\mu^2 + 2)^2} R_1$ (diffusion intermoléculaire d'hétérogénéité),

$R_4 = \frac{0{,}80}{(\mu^2 + 2)^2} R_2$ (diffusion intermoléculaire d'anisotropie).

2. Des mesures absolues très soignées de R et ρ ont été faites sur le benzène et l'éther éthylique dans les conditions précédemment décrites ([2]); les résultats, pour $t = 20°C$, sont réunis dans le tableau ci-après :

Il apparaît que *l'expression théorique donne pour* R *des valeurs trop faibles de* 10 % (*éther*) *à* 15 % (*benzène*) *et que l'erreur relative sur le benzène est indépendante de* λ; par suite, le terme en $(\mu^2 - 1)^2$ représente bien l'allure de la variation spectrale en valeur relative. Il en est probablement de même pour

---

(*) Séance du 20 juin 1949.

([1]) Y. Rocard, *Ann. de Phys.*, **10**, 1928, p. 116 et 181; *voir* aussi A. Rousset, *Diffusion de la lumière*, Paris, 1947, p. 82.

([2]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 914, 1416 et 1485; *Contrib. Inst. Astroph. Paris*, Série A, n^os **38**, **40** et **41**.

l'éther; les écarts plus forts observés en vert et en jaune peuvent être attribués à l'influence des raies Raman ([3]) et à la moindre précision des mesures dans ce domaine.

	Éther.			Benzène.		
λ_Φ	5840	5440	4350	5840	5440	4350
ρ	0,070	0,070	0,073	0,430	0,431	0,436
$10^6 R_1$	2,210	2,965	7,523	2,544	3,443	9,135
R/R_1	1,220	1,220	1,228	2,990	2,998	3,041
$10^6 R$ (calc.)	2,70	3,62	9,24	7,61	10,32	27,78
e. p.	± 0,02	± 0,02	± 0,05	± 0,05	± 0,07	± 0,16
$10^6 R$ (obs.)	3,1	4,1	10,1	8,7	11,8	31,8
e. p.	± 0,1	± 0,15	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,3
(O–C)/C	+14,9%	+13,4%	+ 9,3%	+14,4%	+14,4%	+14,5%
e. p.	± 3,8	± 4,0	± 1,1	± 2,6	± 3,0	± 1,1

3. Le tableau suivant, complété pour le cas de l'eau à l'aide de données extérieures, permet de comparer les valeurs de (O — C)/C à celles du rapport $(\beta-\chi)/\beta=(C_p-C_v)/C_p$ donnant, d'après les théories actuelles, l'intensité relative de la composante centrale du triplet Rayleigh,

	Eau (%).	Éther (%).	Benzène (%).
$(\beta-\chi)/\beta$	~ 0	25	31
(O — C)/C	— (1,5 ± 2)	+ (10,5 ± 1,0)	+ (14,5 ± 1,0)

On constate que la correction à apporter à la formule (1) croît en même temps que l'intensité relative de la composante centrale et s'annule avec elle.

Une discussion des données de Rousset (*loc. cit.* p. 89) ou mieux : sur le spectre Cabannes-Daure du benzène, m'a conduit à admettre aussi que la raie Rayleigh est plus intense que ne l'indique la théorie.

4. Ainsi *l'erreur de la théorie actuelle de la diffusion Rayleigh dans les liquides porterait essentiellement sur l'intensité de la composante centrale du triplet Rayleigh et non sur celles des composantes Brillouin latérales ou du spectre Cabannes-Daure.*

Dans ces conditions les données précédentes conduisent à prévoir pour l'intensité relative de la composante centrale (composantes Brillouin = 0,5 + 0,5) des valeurs notablement différentes des valeurs théoriques. Les valeurs ainsi prévues se trouvent être en accord remarquable avec celles observées directement par Venkateswaran ([4]) au moyen de l'analyse interférentielle de la raie Rayleigh, comme le montre le tableau suivant :

([3]) Noter que les valeurs de (O — C)/C devront être diminuées de 1 à 2 % pour tenir compte de l'influence des raies Raman de vibration lorsque les intensités de celles-ci seront connues.

([4]) *Symposium of Papers*, 1942, p. 322.

Liquide.	Calculé.	Prévu (20°).	Observé (25°).
Éther.............	0,33	0,45	0,45
Benzène...........	0,44	0,86	0,97

Il semble donc bien que l'effort d'amélioration de la théorie doive porter sur une meilleure analyse des phénomènes donnant naissance à la composante centrale du triplet Rayleigh.

RAYONS X. — *Examen de bactéries par diffraction de rayons* X. Note de M. **Fernand Fournier**, présentée par M. René Barthélemy.

Au cours de recherches non publiées effectuées pendant l'année 1939 et interrompues par les hostilités, nous avons eu à examiner par diffraction de rayons X un certain nombre de bactéries (staphylocoques, bacilles thyphiques, bacilles de Koch) de provenances diverses : des résultats intéressants ont été obtenus sur les staphylocoques et sur les bacilles de Koch. Nous avons récemment pu reprendre cette étude en améliorant la technique.

Les bactéries sont prélevées sur le milieu de culture, lavées et centrifugées deux fois. Les culots de centrifugation sont maintenus humides par une très petite quantité de sérum physiologique. L'examen aux rayons X est effectué dans les 24 heures qui suivent le prélèvement.

Pour la prise des diagrammes nous avons employé la méthode classique de Debye et Scherrer par transmission. Le support des échantillons est constitué par une rondelle de verre percée au centre d'un trou de $0^{mm},8$; une légère membrane de collodion obture un côté de la lame. Les bactéries sont déposées à l'état humide et recouvertes d'une autre membrane très mince de sorte que les échantillons sont enfermés dans une minuscule petite cuve dont les parois ne donnent aucun diagramme parasite. Le faisceau de rayons X du collimateur traverse la cuve et le diagramme de diffraction est obtenu sur un film photographique placé à 3 ou 4^{cm} de l'échantillon.

Des staphylocoques, dorés et blancs *vivants*, donnent tous un diagramme formé de deux anneaux diffus issus de plans réticulaires correspondant aux intervalles 4,7 UÅ et 10 UÅ et des taches de microcristaux se répartissant sur les anneaux 111 et 100 du chlorure de sodium. De la dimension de ces taches, on est obligé d'admettre que ces microcristaux se trouvent à l'extérieur de la bactérie, car leurs dimensions sont de plusieurs microns. Il n'a pas été possible de les voir au microscope. De plus, si l'on introduit dans la préparation une très petite quantité de formol qui tue le microbe, on remarque, en plus de l'altération du diamètre de l'anneau 4,7 UÅ, que les microcristaux ont disparu. Dans les mêmes conditions et en milieu humide, les staphylocoques *tués* ne donnent jamais de microcristaux. Il semble qu'une activité biologique particulière du staphylocoque commande le phénomène de germination du cristal puisque

l'état physique du milieu ne permet pas la réalisation du phénomène de germination spontanée.

Le bacille de Koch de souche humaine donne un diagramme constitué par deux anneaux issus des distances inter-réticulaires de 4 et 5 Å environ, et un anneau plus flou de 10 Å. Le tableau suivant résume les résultats obtenus pour des souches diverses.

	1er anneau.	2e anneau.	3e anneau.
Bacille humain	4,4	5,2	10 UÅ
Bacille bovins	6,70	7,67	12,6
Fléoles	4,3	4,85	10,6
B. C. G.	4,4	0	10
Bacille humain de collection (ancien)	4,4	0	10

On peut conclure, compte tenu des altérations morphologiques du BK que : 1° pour les microbes récemment isolés, il existe un anneau double très net et intense de 4,4 et 5,2 UÅ; 2° pour le B. C. G., l'anneau 4,4 est seul conservé avec une intensité diminuée; 3° pour les paratuberculeux, on ne distingue sur le diagramme que deux anneaux très flous.

Il est à remarquer que les diagrammes de l'acide mycolique obtenus avec la même technique donnent des anneaux correspondant à 4,63 et 4,02 UÅ, l'anneau 4,63 étant le plus intense. Sans risquer des hypothèses trop fragiles, il semble que dans les souches de BK examinées, il existe une transformation de la partie limitante du bacille qui conditionne son comportement biologique. Nous poursuivons actuellement des recherches dans le but de vérifier certains paramètres cristallographiques, et d'examiner certaines souches nouvelles que nous avons pu nous procurer.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesure de l'énergie $h\nu$ d'un rayonnement γ par absorption d'électrons Compton monocinétiques.* Note (*) de MM. **Jacques Jacquesson** et **Armand Lataste**, présentée par M. Maurice de Broglie.

1. *Principe de la méthode.* — Les électrons Compton diffusés sous un angle φ *déterminé* ont une énergie W reliée à l'énergie $h\nu$ du photon incident par la relation

$$W = \frac{2\alpha . h\nu}{1 + 2\alpha + (1+\alpha)^2 \operatorname{tg}^2\varphi} \qquad \text{avec} \quad \alpha = \frac{h\nu}{m_0 c_2}. \tag{1}$$

L'énergie W de ces électrons étant obtenue par absorption dans l'aluminium, la formule (1) permet de calculer $h\nu$. On obtient les électrons Compton diffusés sous un angle déterminé φ en employant un radiateur de forme convenable, à savoir une surface de révolution engendrée par une

(*) Séance du 27 juin 1949.

portion AB de l'arc de cercle segment capable de l'angle ($\pi - \varphi$) par rapport aux points S et D, et tournant autour de l'axe SD. S représente la source de γ, et D le détecteur des β. Le radiateur affecte ainsi la forme d'un tonnelet.

On étudie l'absorption des électrons en interposant en E des écrans d'épaisseur variable et en traçant les courbes nombre de coups-minutes en fonction de l'épaisseur.

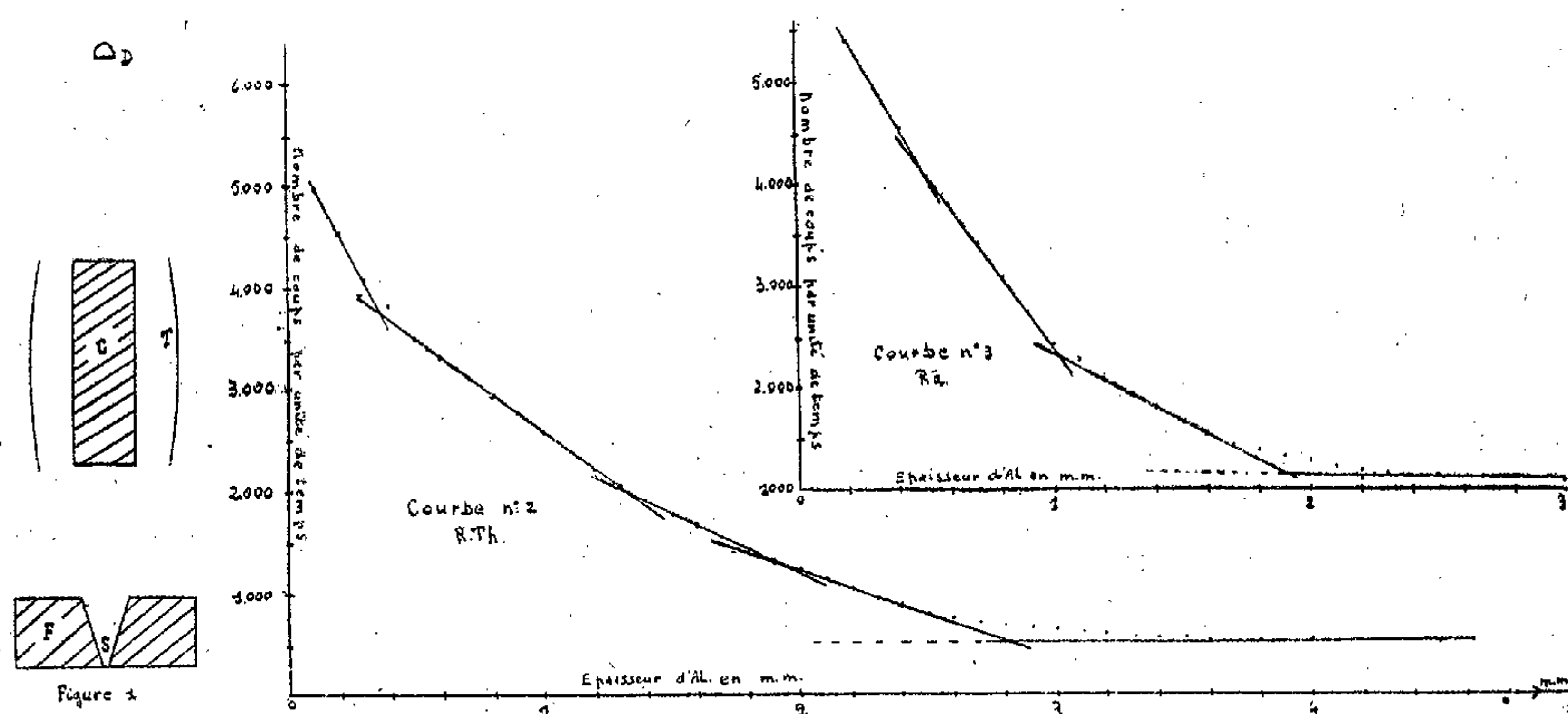
L'angle φ doit être

1° suffisamment grand pour éliminer pratiquement les électrons de matérialisation;

2° pas trop grand toutefois pour que la section efficace Compton (pour l'angle φ) et la sensibilité ($dW/d\alpha$) soient encore acceptables.

Un compromis satisfaisant est obtenu pour des angles φ compris entre 20 et 30°.

L'intérêt de la méthode réside dans le fait que, les électrons étant monocinétiques, les courbes d'absorption sont pratiquement des droites, ce qui permet de définir un parcours extrapolé dans le cas d'une raie γ prépondérante, ou de mettre en évidence dans certains cas favorables plusieurs raies γ par les points anguleux de la courbe d'absorption.



2. *Réalisation.* — Le schéma de montage est représenté par la figure 1. Le tonnelet est en aluminium de 1/10 de millimètre d'épaisseur :

D, compteur en cloche diaphragmé à 1^{cm};

C, cylindre de plomb protégeant D du rayonnement direct;

F sert à diaphragmer et à canaliser le rayonnement γ.

Une plaquette d'aluminium de 5^{mm} d'épaisseur est placée sur la source pour arrêter les β directs.

La source S doit avoir une intensité de l'ordre du millicurie.

3. *Résultats obtenus.* — Les courbes d'absorption sont exploitées après déduction du fond (différence des mesures avec et sans tonnelet). Le rayon-

nement de 2,62 MeV du ThC a permis de calculer le φ effectif d'après la formule (I). On a voulu s'assurer au préalable que le γ du RTh utilisé pour la détermination du φ effectif était bien celui de 2,62 MeV. Pour cela, on a placé sur la source un tronc de cône de plomb de $1^{cm},8$ de hauteur. Les courbes obtenues avec et sans plomb avaient un rapport de pente correspondant à un coefficient global d'absorption μ en bon accord avec le μ théorique.

La courbe 2 a été obtenue avec une source de RTh, et a permis de calculer un φ effectif tel que $tg^2\varphi = 0,1502$. Les points anguleux trouvés sur cette même courbe correspondent à des $h\nu$ de 1,78 MeV et à 1,35 MeV.

La courbe 3 a été obtenue avec une source de Ra. Les points anguleux correspondent respectivement à des énergies de 1,85 MeV; 1,14 MeV; 0,640 MeV.

Ces valeurs sont en bon accord avec les groupes principaux trouvés par Ellis et Aston (1).

L'erreur est au plus de 10 % et parfois moindre.

La méthode est applicable aux rayonnements γ d'énergie supérieure à 0,5 MeV, et permet l'étude rapide d'un spectre γ même complexe.

Pour les $\gamma < 0,5$ MeV, une méthode analogue employant les photo-électrons est à l'étude.

RAYONS COSMIQUES. — *Étude de la dissymétrie Est-Ouest mise en évidence par les traces isolées dans les émulsions sensibles et démonstration de l'existence d'un méson très lourd.* Note de M. **Max Morand**, présentée par M. Jean Cabannes.

Des plaques Ilford $C_2 + B$ et $C_3 + B$ (en boîtes étanches d'aluminium très mince) ont été exposées deux mois à 4500^m lat. géomagnétique 1° Sud (plan des émulsions vertical, normal à la direction Nord-Sud, direction horizontale repérée). Plus de 3000 traces isolées (observateurs : MM. Beets, Jannot, Moucharafyeh, Mme Alleno) ont confirmé l'existence d'une dissymétrie Est-Ouest (1) et ont permis de déterminer sa valeur globale, ainsi que sa variation en fonction de l'angle zénithal (par secteurs de 20°). La comparaison avec les valeurs correspondantes obtenues (2) à 1600^m et 2300^m montre que la valeur globale de la dissymétrie diminue rapidement quand l'altitude augmente, et que la variation de la dissymétrie en fonction de l'angle zénithal passe par un maximum très accusé situé aux environs de 40° à 1600^m, de 60° à 2300^m et de 70° à 4500^m. Ce maximum se rapproche donc de l'horizontale quand l'altitude augmente. La dissymétrie suivant la verticale s'explique par l'arrivée

(1) *Proc. Roy. Soc.*, 1932, p. 138-318.

(1) M. Morand, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1488.

(2) M. Morand, L. Winand et C. Beets, *Bull. Soc. roy. Sci. Liège*, séance du 19 mai 1949.

de protons primaires ou pseudo-primaires, mais le maximum aux grands angles zénithaux nécessite une autre explication, car s'il était dû aux mêmes protons, leur libre parcours moyen serait, dans ce cas, de l'ordre de 1500 g/cm², et cette valeur est incompatible avec celle ($\sim$150 g/cm²) qui correspond à leur intensité suivant la verticale. Il y a donc des traces isolées (S) dont la nature et le mode de production demandent à être précisés, et qui sont, directement ou indirectement, sensibles au champ magnétique terrestre. La diminution de la valeur globale de la dissymétrie avec l'altitude montre que le rapport du nombre des traces (S) au nombre total des traces isolées diminue quand on s'élève, ce qui s'explique immédiatement par l'augmentation rapide du nombre des phénomènes secondaires pratiquement isotropes produits localement par les nucléons incidents, mais ce qui confirme que la variation du nombre des traces (S) avec l'altitude n'est pas la même que celle des protons et de la majeure partie du rayonnement cosmique. Pour déterminer l'origine et la nature des traces (S), il convient d'examiner plus spécialement celles qui font, avec la verticale, un angle supérieur à 40° ou 50°. Or, parmi ces traces, celles qui se terminent dans l'émulsion sont pratiquement toutes beaucoup trop rectilignes pour pouvoir être attribuées à des mésons μ (ou π), leur scattering étant seulement un peu supérieur à celui des traces de protons certains, sortant des étoiles. D'autre part, dans une plaque $C_3 + B$ de 200$^\mu$, la longueur moyenne de l'ensemble des traces isolées d'angle zénithal $> 50°$ est d'environ 450$^\mu$; dans cette émulsion une trace de méson μ est visible sur un parcours d'environ 1000$^\mu$; si les traces (S) étaient celles de mésons μ, une trace sur deux devrait se terminer dans l'émulsion. Or la proportion observée est très notablement inférieure (de l'ordre de 3 ou 4 %). Enfin la granulation de ces mêmes traces est voisine de la granulation (assez homogène) des traces de protons certains, sortant des étoiles. Les traces (S) ne peuvent donc être qu'exceptionnellement celles de mésons μ (ou π).

Mais l'existence du maximum de dissymétrie aux grands angles zénithaux et le sens de son déplacement avec l'altitude prouvent que les traces (S) doivent, ou bien être celles de mésons chargés (dont la perte d'énergie à travers l'atmosphère ne comporte pratiquement aucune interaction nucléaire et dont l'énergie doit être suffisamment diminuée pour les rendre visibles dans l'émulsion), ou bien être celles de particules produites localement par un rayonnement intermédiaire neutre, à faible interaction nucléaire (méson ou photon?), la faible dissymétrie des traces isolées aux petits angles zénithaux étant simplement expliquée par une proportion plus élevée des traces à répartition isotrope. Avec la première alternative, il faut admettre que les traces (S) sont celles d'un méson très lourd, certainement produit dans la haute atmosphère (à cause de la grande valeur des angles zénithaux) par les primaires sensibles au champ magnétique terrestre (par exemple, par les protons de 10 à 50 Bév). Un critère de validité de la seconde alternative serait l'observation de traces (S)

débutant, avec certitude, dans l'émulsion. De toutes façons, quelle que soit l'alternative à retenir, les conditions très favorables des expositions, leur durée relativement courte (entraînant un fading faible) et les données quantitatives fournies par le scattering et l'angle zénithal des traces (S) permettent d'espérer que les essais en cours aboutiront à la détermination précise de la masse de la particule produisant ces traces. Pour le moment, elle paraît être voisine de 900.

Si les mésons très lourds que l'on observe dans nos émulsions proviennent bien de la haute atmosphère, ils y sont créés avec une énergie de l'ordre de 2,5 Bév, et leur durée de vie moyenne est plutôt supérieure à celle des mésons μ. Ce fait peut conduire à donner la préférence à la seconde alternative; mais, dans ce cas, seul un photon éviterait probablement de soulever à nouveau le problème de la durée de vie moyenne pour la particule intermédiaire.

Les conclusions tirées, jusqu'à présent, de l'étude de la dissymétrie Est-Ouest, que je m'étais proposé de mettre en évidence au moyen des traces isolées, pour obtenir de nouvelles informations sur leur nature physique, sont compaibles avec la première observation ([3]) d'un méson possédant une masse voisine de 1000, ainsi qu'avec plusieurs observations plus récentes ([4]).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action des ultrasons sur les mélanges alcools-amines aliphatiques*. Note de Mlle **Simone Hatem**, présentée par M. Paul Pascal.

Une étude antérieure des solutions alcooliques d'ammoniac ([1]) a montré que leur conductibilité électrique variait d'une façon anormale en fonction de la température.

J'ai entrepris l'étude de quelques amines aliphatiques dans les mêmes conditions. La conductivité est très faible pour les deux corps purs. Les mélanges sont conducteurs et leur résistance électrique présente un minimum très marqué pour des solutions contenant environ 1^{mol} d'amine au litre. Pour $(C_2H_5)^3N$ dans C_2H_5OH, la conductivité pratiquement nulle pour l'amine pure et l'alcool pur, atteint $5,12.10^{-6}$.

J'ai observé la variation thermique de la conductivité au voisinage de ce maximum pour CH_3NH_2, $C_2H_5NH_2$, $(CH_3)^2NH$, $(C_2H_5)^2NH$, $(C_2H_5)^3N$

([3]) L. Leprince-Ringuet, et M. Lhéritier, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 618.

([4]) Rochester et Butler, *Nature*, **160**, 1947, p. 855; Bradt et Peters, *Report to the Bristol Symposium*, 1948; M. Morand et P. Cüer, *Report to the Bristol Symposium*, 1948; Alichanian, Alichanov et Weissenberg, *J. Exp. and Theoret. Phys.*, U. S. S. R., **18**, 1948, p. 301; R. Brown, U. Camerini, P. H. Fowler, H. Muirhead, C. F. Powell et D. M. Ritson, *Nature*, **163**, 1949, p. 47 et 82; L. Leprince-Ringuet, *Reviews of Modern Physics*, **21**, 1949, p. 42.

([1]) *Comptes rendus*, **223**, 1944, p. 200-201 ; *Mémoire Soc. Chim.*, mars-avril, 1949.

dans le méthanol et l'éthanol, et dans un intervalle de température compris entre 15° et 40°

On retrouve, pour les amines monosubstituées, les mêmes particularités que pour l'ammoniac; seules les températures des minima sont différentes. Ces particularités disparaissent dans les solutions très diluées. Pour les amines disubstituées les courbes sont normales.

Les solutions chauffées jusqu'à 40° donnent après 24 heures de repos la même courbe à minimum, très légèrement déplacé vers les conductivités croissantes.

Les anomalies observées tant pour NH_3 que pour les amines sont sans doute attribuables au jeu de la désassociation des molécules des constituants du binaire suivi d'un regroupement en un composé d'addition ionisé. Il parut intéressant de rechercher l'action des ultrasons sur les solutions. La secousse ultrasonore était donnée pendant 10 minutes en tube clos et plein à 22° et sous une puissance de 3,5 W/cm². L'étude thermique de la conductivité était faite immédiatement après, puis à des intervalles de temps égaux.

1° La variation thermique de la conductivité devient normale. Cependant la conductivité est plus élevée que pour les mêmes solutions non soumises aux ultrasons.

2° Cette conductivité augmente légèrement avec le temps pour atteindre un maximum stable.

3° La modification des solutions soumises aux ultrasons est stable après 10 minutes de secousse, sauf dans le cas de la méthylamine en solution dans le méthanol, où le même résultat est acquis qu'après 2 heures 30 minutes d'agitation.

Si l'on observe la conductivité en fonction du temps de la secousse, on note qu'elle croît très peu et très rapidement atteint une limite.

Une élévation de température jusqu'à 60° donne, pour une solution d'ammoniac dans l'éthanol, le même résultat. Il n'en est pas de même pour une solution de $(C_2H_5)^2NH$. Ceci provient, sans doute, du fait que le maximum de la courbe de conductibilité est déplacé vers les températures croissantes.

Il faudrait pour détruire l'anomalie atteindre ou dépasser la température d'ébullition de l'alcool.

On pourrait craindre qu'une oxydation de l'alcool ne soit à l'origine des changements. Or une vérification par la liqueur de Fehling et le réactif de Schiff permet d'écarter ce doute.

Il paraît plus logique de considérer le jeu des associations moléculaires.

La secousse par ondes ultrasonores de même que l'agitation thermique, détruit les agrégats des molécules et favorise la rencontre des molécules libres alcool-amine, et la formation du complexe.

Ainsi, l'inflexion anormale des courbes serait liée au mode d'association des amines dans chaque solvant; l'association étant plus faible lorsque les radicaux sont plus encombrants et cessant d'exister lorsque la solution est très diluée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude des dosages chimiques par circuits oscillants.* Note de MM. **René Arditti** et **Pierre Heitzmann**, présentée par M. Paul Pascal.

On sait que la conductimétrie avec des courants de haute fréquence permet d'éviter l'emploi d'électrodes plongeant dans la cellule. Ayant eu besoin d'un tel montage, nous avons adopté le principe des circuits oscillants du type TP-TG indiqué par Jensen et Parrak [1] comme plus adapté à notre objectif que celui de Blake [2]. Nous avons été amenés à modifier sur certains points le montage de Jensen et Parrak qui nous avait conduits à des résultats pratiques. Ainsi, au lieu de mesurer les variations du courant-plaque de la lampe 6 L. 6 utilisée (fonctionnant sous tension de 300 V environ), avons-nous mesuré celles du courant-grille qui leur sont solidaires; une telle modification offre, entre autres, l'avantage d'abaisser l'intensité du courant de compensation. Le vase à réaction, de 250^{cm^3} de contenance, a été inséré dans la self du circuit-plaque, self située dans une partie adjacente de l'oscillateur, blindée par un capot métallique mobile. Ce dispositif nous a permis de maintenir, lorsque nous en avons éprouvé le besoin, le vase et son contenu à une température fixée, différente de la température ambiante.

La figure 1 donne l'allure générale de la variation du courant de grille i_G

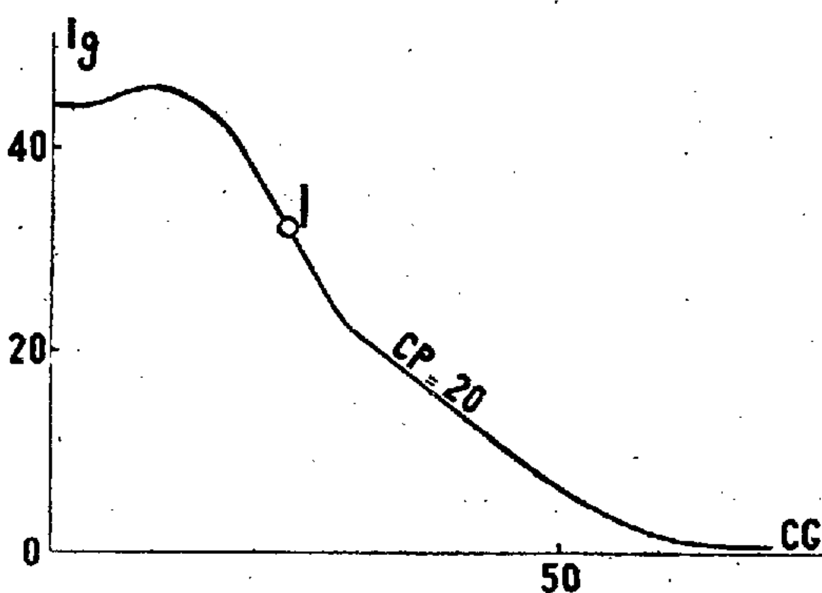


Fig. 1

en fonction de la capacité CP du condensateur du circuit-plaque, la capacité CG du condensateur de grille étant constante. Nous avons évidemment adopté comme point de départ, lors de l'étude d'une réaction, le point I d'une courbe de réponse de l'appareil. Les variations les plus fortes de i_G que nous

(1) F. W. Jensen et A. L. Parrack, *Ind. Eng. Chem.* (*Analyt. Ed.*), 18, octobre 1946, p. 595.

(2) G. G. Blake, *Journ. of Scient. Instr.*, 24, n° 4, avril 1947, p. 101.

ayons eu à enregistrer au cours de nos études, n'ont pas dépassé 300 μA : la réponse de l'appareil était donc linéaire dans la zone intéressée. Il est à noter qu'à chaque point I d'une courbe de réponse, de paramètre CG fixé, corespond une fréquence d'oscillation déterminée. Cette fréquence varie très peu au cours de l'évolution des réactions que nous avons suivies. Le montage que nous avons réalisé nous a permis de travailler entre 12 et 17 Mc.

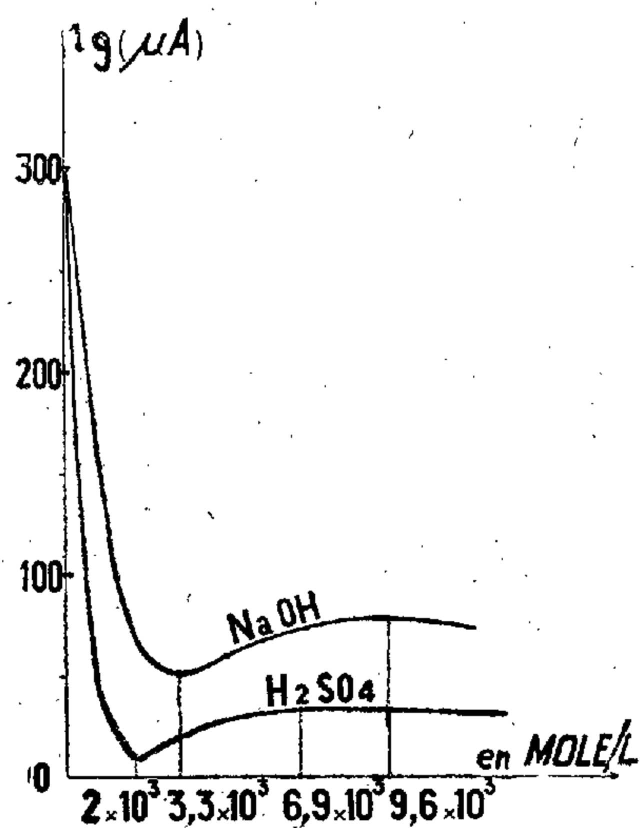


Fig. 2.

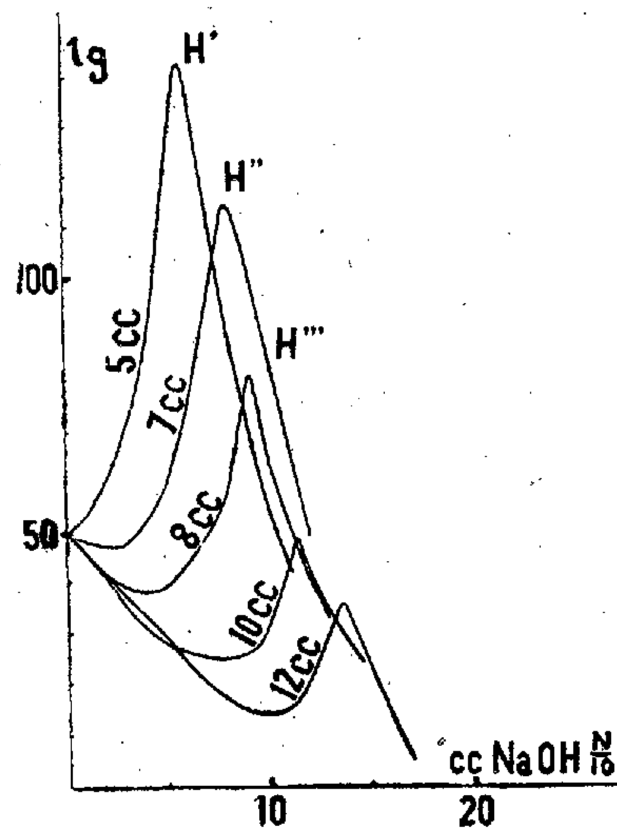


Fig. 3.

Les principaux résultats expérimentaux que nous avons observés sont les suivants :

a. La variation de concentration d'un électrolyte unique dans la cellule à réaction provoque une variation de i_G représentée figure 2 dans les cas de NaOH et de H_2SO_4. Les courbes relatives à HCl, NaCl, NH_4OH, etc., ont la même allure générale.

b. La neutralisation d'un acide par une base, à la température ambiante, est représentée selon la concentration initiale du liquide par une des courbes reportée figure 3 (acide chlorhydrique par soude, avec une fréquence de 16 Mc). Par contre, pour des températures comprises entre 90 et 95° C, les courbes traduisant la neutralisation reprennent l'allure des courbes conductimétriques classiques (deux segments rectilignes se coupant au point de neutralisation). On peut donc conclure, à notre avis, qu'à la température ambiante, la conductibilité du milieu n'est pas la seule grandeur intervenant dans la mesure, avec notre montage. Néanmoins, les dosages sont possibles avec précision. En effet, l'acuité d'un maximum tel que M', M'', etc. (*fig.* 3) est si prononcée (pour une fréquence semblant dépendre du couple acide-base) que son abscisse peut être déterminée graphiquement avec une approximation remarquable. Les courbes de la figure 3 sont respectivement relatives aux

neutralisations de 5, 7, 8, 10 et 13^{cm^3} d'une solution d'acide chlorhydrique par une solution de soude décinormale. Les abscisses de leurs points maximum, déterminées graphiquement (par l'intersection de sécantes) correspondant respectivement à 5,70; 8,00; 9,10; 11,40 et 13^{cm^3},7 de soude, donnant un titre de $N/10 \times 1,14$ à la solution d'acide, valeur identique à celle qui a été déterminée potentiométriquement. Chaque opération de dosage ne nous a pris que trois à quatre minutes de travail.

Nous avons pu effectuer, avec une précision de l'ordre de 1/400, des dosages acidimétriques dans des liquides colorés (pétroles par exemple).

Nous poursuivons nos recherches dans le sens de la détermination de la fréquence optimum pour chaque couple acide-base.

CHIMIE-PHYSIQUE. — *Courbes de pertes diélectriques de chlorures de polyvinyle de poids moléculaires croissants.* Note (*) de M. **Robert Charbonnière**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Dans un Mémoire sur les propriétés électriques des solides [1], R. M. Fuoss étudie, dans des champs alternatifs de différentes fréquences, la variation avec la température de l'angle de pertes et du pouvoir inducteur spécifique de hauts polymères. Comme exemple de polymère linéaire à dipôles attachés directement à la chaîne carbonée, il choisit un chlorure de vinyle polymérisé de poids moléculaire moyen. Il signale, en particulier dans ses résultats, l'existence d'un changement des propriétés diélectriques vers 70° (*brittle point*).

Nous avons repris cette étude en l'étendant à des poids moléculaires croissants du chlorure de polyvinyle (23 000, 46 000, 70 000, 125 000). Nous publions les résultats expérimentaux pour l'intervalle de température 20°, 105° et pour deux fréquences (50 et 500 p/sec).

L'examen de ces courbes révèle :

1° L'existence pour chaque poids moléculaire d'un *brittle point*, ou plus exactement, d'un intervalle de température définissant une région de transition entre deux états, caractérisés sur chaque courbe par une partie plate aux températures inférieures et par une partie comparable par l'ensemble de ses caractéristiques (forme et indice de relaxation) à une courbe de liquide aux températures supérieures. Rappelons que les chlorures de polyvinyle ne présentent pas de point de fusion, mais seulement une région de ramollissement (150°-180°) très éloignée de la température la plus élevée dans nos expériences : 105°.

Dans une Note ultérieure nous montrerons que ce changement d'état est progressif quoique rapide.

(*) Séance du 27 juin 1949.

(1) R. M. Fuoss, *J. Amer Chem. Soc.*, 63, février 1941, p. 369-378.

2° Les *brittle point*, d'une part, et les maxima de ces courbes, d'autre part, correspondent à des températures d'autant plus élevées que le poids moléculaire est plus élevé (*fig.* 1). Comme les caractéristiques de ces courbes de pertes impliquent une libre rotation dipolaire, on peut induire que pour une température déterminée la cohésion moléculaire est plus grande quand le poids moléculaire est plus élevé.

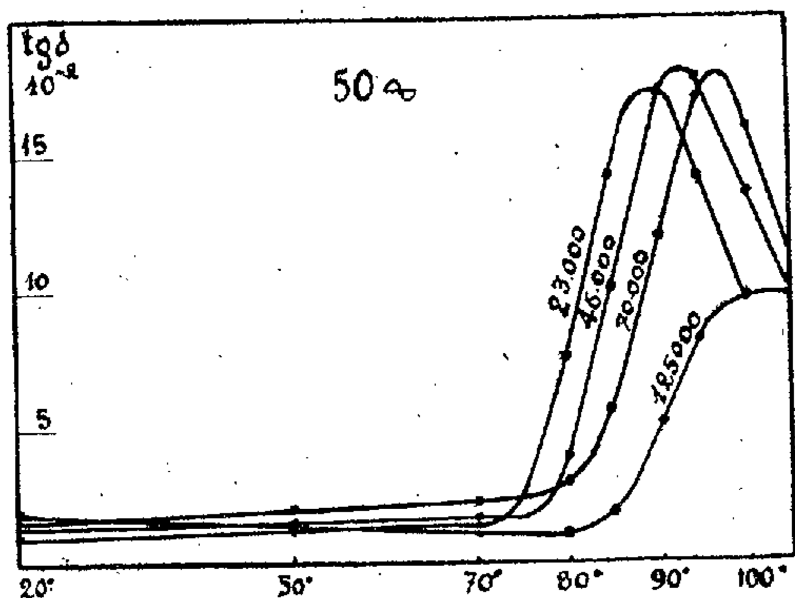


Fig. 1.

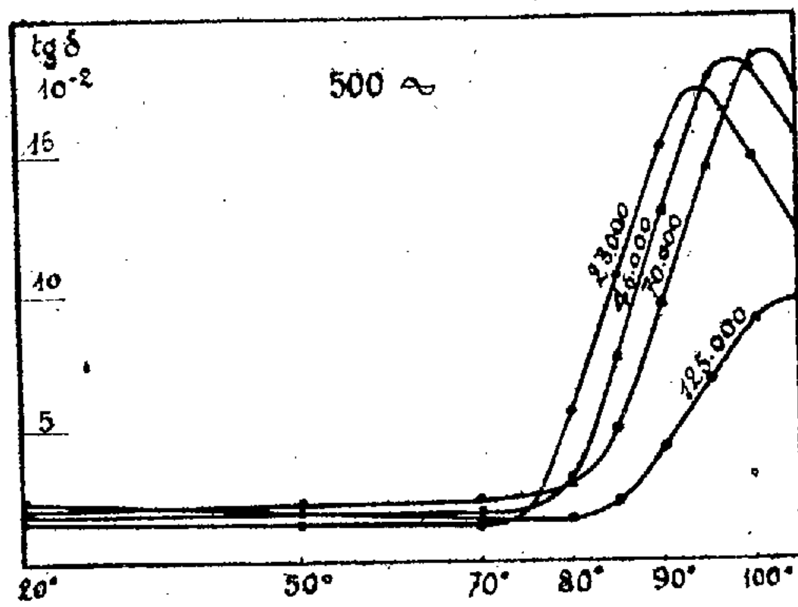


Fig. 2.

3° L'effet de relaxation a cette conséquence que l'augmentation de la fréquence du champ rend nécessaire une température plus élevée pour provoquer la décohésion et l'orientation dipolaire (*fig.* 2).

4° Le polymère de poids moléculaire 125 000, se différencie particulièrement quant à sa cohésion moléculaire, dans la région de température étudiée, du groupe des trois autres.

Ces courbes montrent en particulier la possibilité de mettre en évidence des états différents de cohésion pour un même polymère plastique à des degrés différents de polymérisation et de prévoir des différences de propriétés mécaniques, en accord avec les données de l'étude de la résistance de ces matériaux (²).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de l'adsorption gazeuse sur la vitesse de réaction entre oxydes métalliques*. Note (*) de MM. **Hubert Forestier** et **Jean-Pierre Kiehl**, présentée par M. Louis Hackspill.

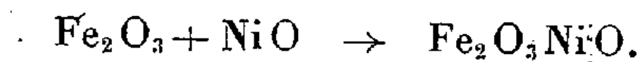
L'influence de la vapeur d'eau sur la vitesse de réaction entre oxydes métalliques (¹) nous a conduits à étudier d'une manière systématique l'influence d'autres gaz sur les mêmes types de réactions.

(²) X. Thiesse, *Industries des Plastiques*, 3, nᵒˢ 6-7-8-9, juin, juillet, août, septembre 1947.

(*) Séance du 8 juin 1949.

(¹) H. Forestier et Ch. Haasser, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 123; Ch. Haasser, *Thèse*, Strasbourg, 1948.

Notre étude porte sur la réaction



$$Fe_2O_3 + NiO \rightarrow Fe_2O_3NiO.$$

Le mélange des deux oxydes, broyés pendant 1 heure dans un broyeur à vibrations, est déshydraté une première fois jusqu'à poids constant à 320° sous un vide de 10^{-5} mm Hg; cette température correspond à la température limite, qui nous permet d'éviter la recristallisation du sesquioxyde de fer. La teneur en eau du mélange est alors de 1,5 %. Ce produit est placé dans le

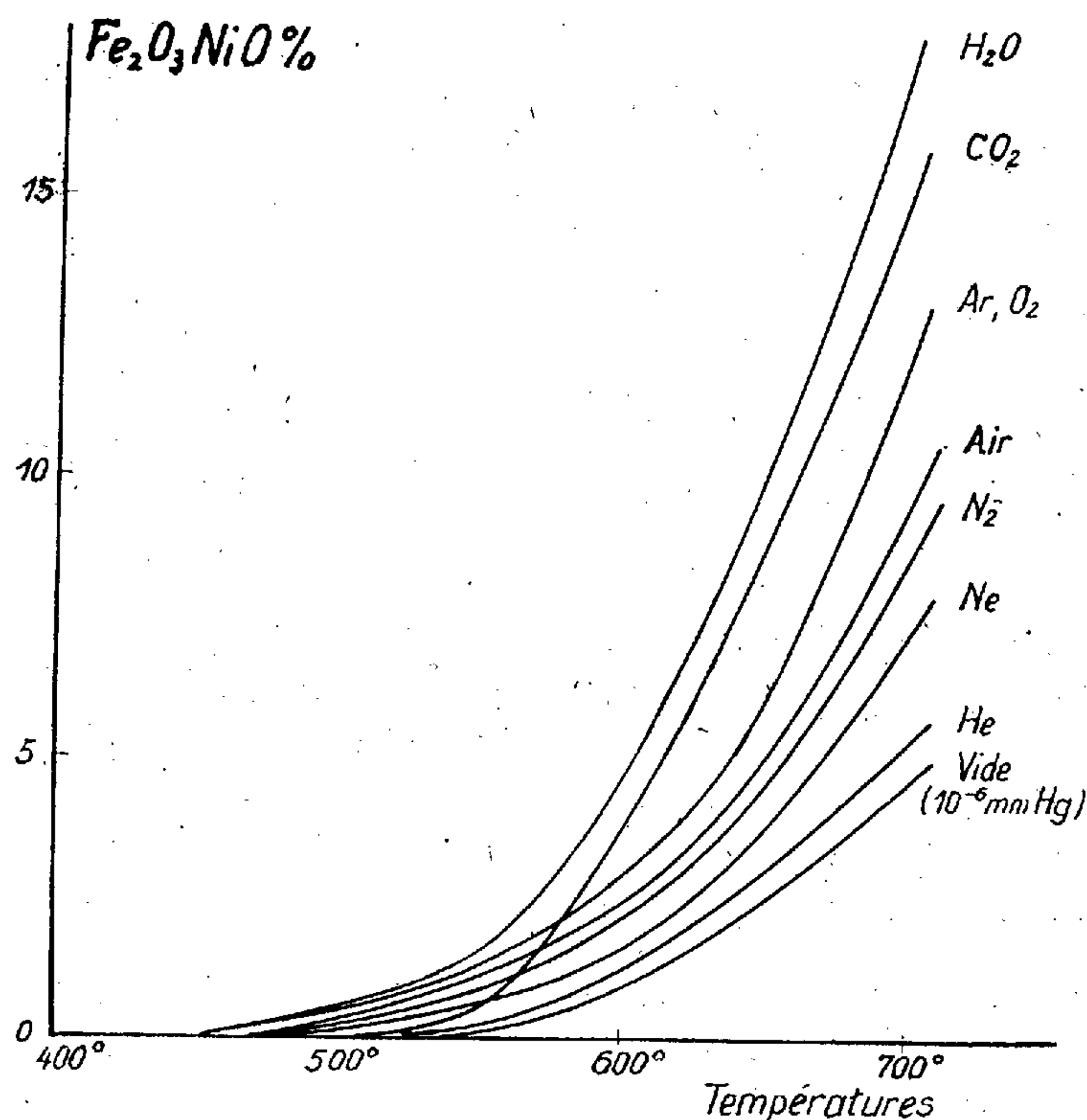


Fig. 1.

tube à réaction, dégazé une seconde fois à 320°, sous un vide de 6.10^{-6} mm Hg, puis recuit pendant 15 minutes à différentes températures dans le gaz étudié.

Les gaz utilisés sont : H_2O, CO_2, O_2, Air, N_2, Ne, Ar, He.

Le choix de ces gaz a été déterminé par des considérations d'inertie chimique vis-à-vis des oxydes utilisés. Une série d'expériences fut également effectuée sous un vide de 6.10^{-6} mm Hg. La réaction conduit à la formation d'un ferrite ferromagnétique qui permet l'utilisation de la méthode d'analyse magnétique, particulièrement sensible.

Les résultats obtenus sont résumés dans la figure 1; ils conduisent aux conclusions suivantes :

1° L'allure générale des courbes est analogue pour les différents gaz, sauf pour CO_2 par suite de la formation superficielle de CO_3Ni au-dessous de 550°;

2° la vitesse de formation du ferrite varie suivant le gaz adsorbé;

3° à température et pression constantes la vitesse de réaction est une fonction croissante (fait capital) de la température de liquéfaction du gaz utilisé, donc du pourcentage de gaz adsorbé (*fig.* 2). On remarque une anomalie dans le cas de l'azote (et de l'air) qui correspond à une déficience d'adsorption de l'azote, cas déjà signalé antérieurement ([2]).

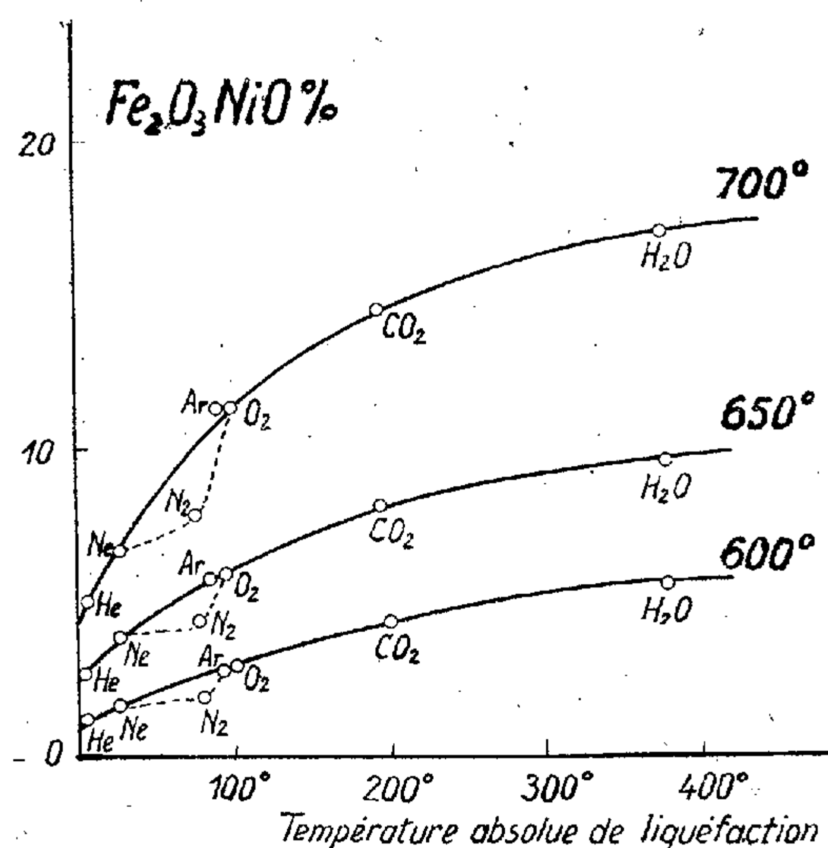


Fig. 2.

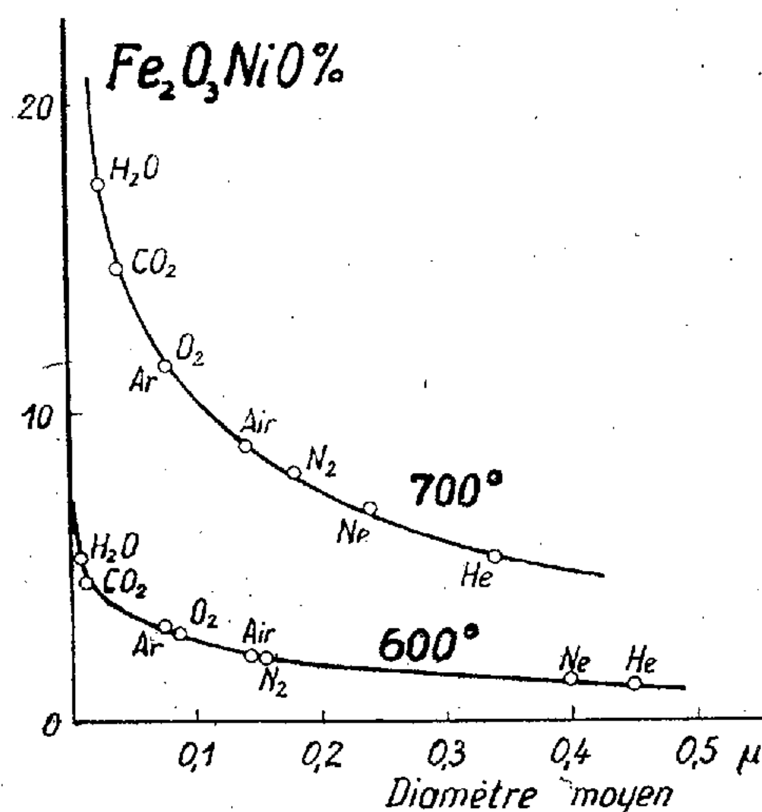


Fig. 3.

Nous avons pu établir de plus qu'aux environs de 600° le pourcentage de ferrite formé est également fonction de la dimension des particules (*fig.* 3) dépendant elle-même de la quantité de gaz adsorbé. (Dimensions déterminées au moyen du microscope électronique.) En effet, l'étude microscopique à différents stades du recuit nous a permis de mettre en évidence un phénomène conduisant à la division des grains et s'effectuant en deux phases :

1° une adsorption suivie d'un gonflement de grains;

2° un éclatement des particules au delà d'une certaine teneur en gaz adsorbé.

Donc, l'action spécifique du gaz adsorbé se trouve renforcée vers 600° par une division des grains qui varie dans le même sens que le degré d'adsorption.

Ces résultats mettent en évidence l'importance de l'adsorption gazeuse dans les réactions entre solides.

([2]) M. Schmitt, *Zeits. Phys. Chem.*, 133, 1928, p. 266.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de l'intervalle de solidification sur la coulabilité des laitiers sidérurgiques.* Note de M. **Paul Bastien**, présentée par M. Albert Portevin.

Dans les systèmes hétérogènes, l'évolution des réactions dépend non seulement de la vitesse de réaction, mais encore de la vitesse de diffusion des produits de la réaction, vitesse qui est fortement sous la dépendance de la viscosité du milieu. En métallurgie, et en l'absence de brasssage, les phénomènes de diffusion sont les plus lents et règlent les durées des élaborations. Au four Martin par exemple, le métal est recouvert d'un laitier complexe dont la viscosité moyenne, ainsi d'ailleurs que les gradients de cette propriété physique dans l'épaisseur de la couche, jouent un rôle important dans le contrôle de la vitesse à laquelle le métal est oxydé par la scorie.

Les mesures de viscosité sont extrêmement difficiles à faire sur les laitiers sidérurgiques, en raison des températures élevées mises en jeu et de l'attaque des réfractaires utilisés dans l'appareillage, attaque qui modifie à la fois la composition du laitier et la nature du contact laitier-paroi réfractaire de l'organe actif dans l'instrument de mesure (cylindre ou sphère en mouvement, tube capillaire, etc.). Herty a proposé de mesurer la viscosité des laitiers sidérurgiques en les coulant dans un canal cylindrique et horizontal et en mesurant la longueur atteinte par le laitier jusqu'à solidification : toutefois, le résultat de la mesure dépendant de tous les facteurs de solidification du liquide apparaît comme un essai, non de viscosité, mais de coulabilité tel que nous l'avons défini [1].

Dans ces conditions, il était intéressant de rechercher si l'on retrouve, dans le domaine des laitiers, la loi de variation de la coulabilité en fonction de l'intervalle de solidification, initialement établie pour les alliages métalliques.

Des essais étendus ont été faits sur une gamme de laitiers correspondant à des élaborations Martin sur sole acide; tous les laitiers faisant l'objet de nos investigations appartiennent au système $MnO—SiO_2—FeO$ et sont caractérisés par une teneur très constante et relativement faible en FeO (de l'ordre de 8 %) et par des teneurs en SiO_2 allant de 46 à 57 % : leurs points figuratifs sont pratiquement situés sur une section parallèle au système binaire $SiO_2—MnO$, dont la figure 1 donne la représentation, et pas très loin de celle-ci.

Si, pour les divers laitiers acides étudiés, on cherche à établir une corrélation entre *fluidité Herty* (ou coulabilité A) et température de coulée, on constate expérimentalement que celle-ci n'a que peu d'influence; par contre, la teneur en SiO_2, ou ce qui revient au même dans le domaine de compositions considéré ici, l'intervalle de solidification agit de façon importante et l'on met

(1) A. Portevin et P. Bastien, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 850.

en évidence (*fig.* 1) une variation de Λ en sens inverse de l'intervalle de solidification : on retrouve donc ici, dans le cas de la solidification d'un liquide fortement ionisé tel qu'un laitier acide, la loi de variation de la coulabilité établie pour les alliages métalliques.

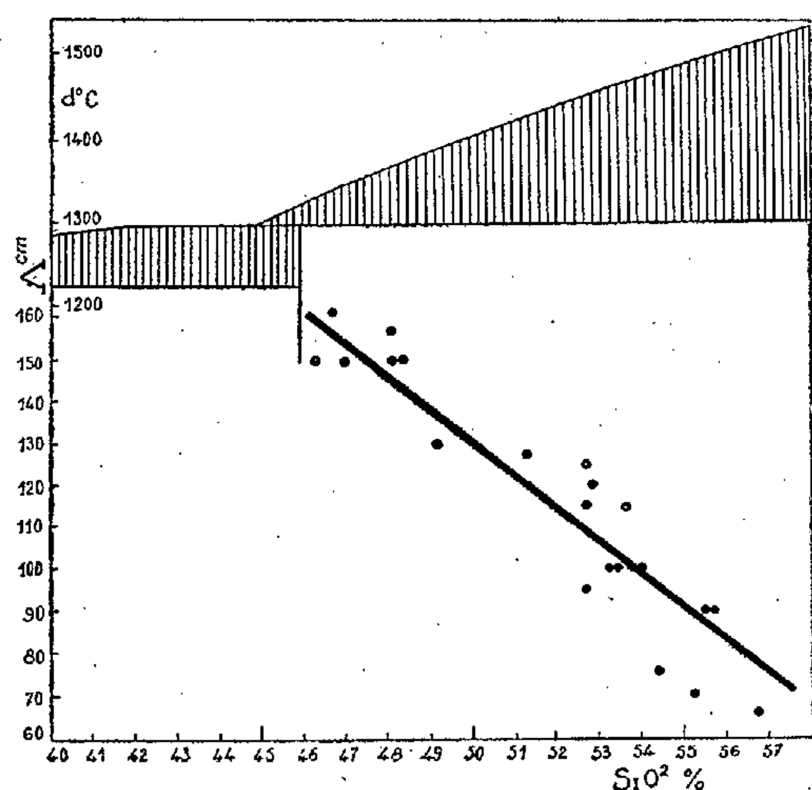


Fig. 1.

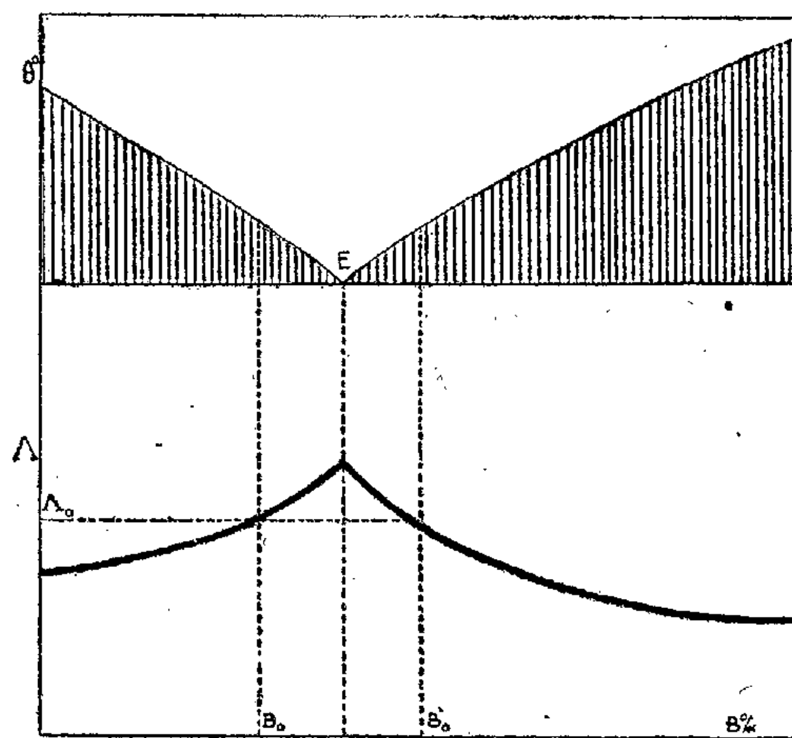


Fig. 2.

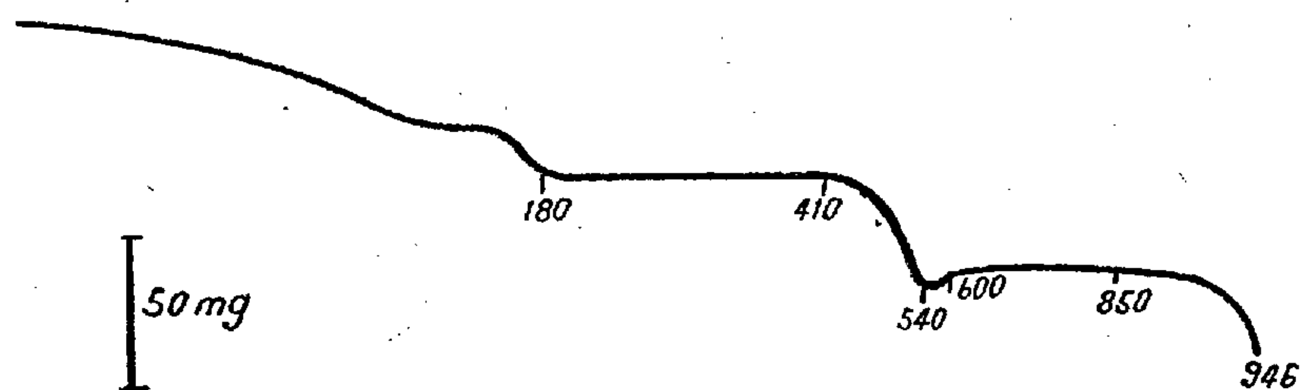
L'essai Herty, tout en ne donnant pas la viscosité des laitiers, conserve cependant un intérêt de repérage : pour des laitiers évoluant dans un domaine de compositions dans lequel l'intervalle de solidification varie régulièrement (*fig.* 1), il peut permettre d'identifier le laitier, car il y a alors relation univoque entre coulabilité et composition, mais il peut fort bien ne pas en être toujours ainsi et la figure 2 donne un cas dans lequel la même coulabilité peut être donnée par deux laitiers de compositions différentes.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur quelques faits relatifs à la gravimétrie des anions.* Note de Mme **Thérèse Dupuis** et M. **Clément Duval**, présentée par M. Louis Hackspill.

A l'aide de la thermobalance de Chevenard, nous avons suivi la thermolyse des précipités servant habituellement à doser les anions. Voici un résumé de nos observations.

La courbe représentée ci-après est relative à un précipité humide de phosphomolybdate d'ammonium auquel on donne habituellement la formule $PO_4(MoO_3)_{12}(NH_4)_3.2NO_3H.H_2O$ qui perd de l'acide azotique et de l'eau jusqu'à 180°; si l'on recommence l'inscription de la même courbe mais sur un précipité séché à l'air libre, la perte de poids jusqu'à 180° correspond à $2NO_3H$ et non à $2NO_3H + H_2O$. Un palier rigoureusement horizontal s'étend de 180° à 410°; il correspond bien à la formule $PO_4(MoO_3)_{12}(NH_4)_3$.

A partir de 410°, entre deux molécules de ce corps, s'échappent $6NH_3$ et $3H_2O$ jusqu'à 540°; mais il est visible sur tous nos enregistrements que la destruction est encore plus profonde, car les courbes présentent un crochet



très net, puis, remontent; il faut alors admettre une réduction passagère du molybdène, puis une réoxydation à l'air pour donner l'ensemble $P_2O_5.24MoO_3$. La remontée de la courbe est très lente. Théoriquement le palier horizontal n'est atteint qu'entre 812° et 850°, mais sans grande erreur sur le phosphore, on peut admettre le domaine de calcination 600-850°, après quoi l'anhydride molybdique se sublime rapidement.

Le phosphate ammoniaco-zincique doit être séché entre 40 et 150° et le pyrophosphate de zinc qui en résulte ou qui est précipité directement à partir d'un pyrophosphate alcalin, n'acquiert un poids constant qu'à partir de 610°. Dans le cas du phosphate ferrique, il faut compter 520°. Le phosphate argento-thallique peut être séché jusqu'à 719° et l'arséniate correspondant est stable au moins jusqu'à 800°; par contre, l'arséniate d'argent est impropre au dosage et gagne sans cesse du poids quand on le chauffe; celui de bismuth existe de 70 à 300°. Le phosphate de baryum doit se peser après séchage entre 156 et 384°; le pyrophosphate résultant apparaît de 500 à 960°. L'arséniate de plomb est stable de 90 à 270°; le pyroarséniate qui en dérive peut être pesé après maintien entre 500 et 946°.

L'ion sulfate se dose par gravimétrie sous forme de sel de benzidinium qu'il convient de sécher entre 70 et 156°.

Pour la pesée du fluorure de bismuth, il ne faut pas dépasser 93°, tandis que le fluorochlorure de plomb doit être maintenu entre 70 et 460°. Le fluorure de thorium, toujours négligé en gravimétrie, acquiert un poids constant seulement entre 205 et 475° et la thorine qui en résulte se forme dès 950°. Le fluorure de lanthane ne peut être pesé comme tel à aucune température; l'oxyde de lanthane résultant de sa dissociation complète apparaît au-dessus de 475°.

Le perchlorate de nitron doit être maintenu entre 40° et 232°, température à laquelle il déflagre. Le chlorite de plomb explose à une température qui dépend de la vitesse de chauffe : 77° dans l'une de nos expériences; il vaut mieux le sécher dans le dessiccateur. L'iodate de benzidinium ne peut être chauffé sans

destruction. L'iodure de palladium se montre stable de 85° à 340°, tandis que l'iodure cuivreux perd brusquement de l'iode à 296° et gagne simultanément de l'oxygène ; on peut alors peser sous forme d'oxyde CuO entre 500 et 946°. L'iodure de plomb et le periodate de zinc ne se prêtent guère à la gravimétrie, mais, l'iodate d'argent précipité est bien stable de 70° à 410°, température à laquelle il donne l'iodure d'argent, qui, lui-même, commence à se dissocier à 826°; le chlorure d'argent débute, de son côté, à 813°; le bromure, beaucoup plus stable, maintient son poids constant au moins jusqu'à 950°.

Contrairement au perchlorate, le nitrate de nitron gagne progressivement de l'oxygène quand on le chauffe (près de 8^{mg} sur 420^{mg}) et ceci jusqu'à 241°, température de sa décomposition. Si l'on évite cette destruction, le nitrate de nitron abandonne réversiblement cet oxygène par refroidissement.

Enfin, le tableau ci-dessous résume nos expériences sur les précipités contenant du silicium.

Réactif précipitant.	Forme de dosage.	Limites de températures (°).
Acide chlorhydrique	SiO_2	> 358
Gélatine	»	> 505
Chlorure d'aluminium	$SiO_2 + Al_2O_3$	> 475
Fluorure de potassium	SiF_6K_2	60-410
Pyramidon (Pyr)	$SiO_2 . 12 MoO_3 . 3 Pyr . 4 H_2O$	80-100
»	$SiO_2 . 12 MoO_3$	399-787
Oxine (Ox)	$SiO_2 . 12 MoO_3 . 4 Ox . 2 H_2O$	160-200
»	$SiO_2 . 12 MoO_3$	593-813
Hexaméthylène tétramine (Hex)	$SiO_2 . 12 MoO_3 . 4 Hex . 4 H_2O$	80-150
»	$SiO_2 . 12 MoO_3$	473-840
Pyridine (Py)	$SiO_2 . 12 MoO_3 . 4 Py . 6 H_2O$	< 100
»	$SiO_2 . 12 MoO_3$	370-825

Nous proposons les six dernières formes citées pour effectuer le dosage automatique de la silice, ce qui porte à 102 le nombre de dosages pondéraux que nous sommes maintenant capables de ramener à la mesure de deux longueurs sur un papier photographique. Le silicomolybdate à base d'antipyrine a dû être abandonné pour la gravimétrie. Les courbes de thermolyse et leur interprétation détaillée paraîtront dans *Analytica chimica Acta*.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur l'avantage du travail en compression des outils de coupe*. Note (*) de MM. **Félix Eugène** et **René Dufaud**, présentée par M. Albert Portevin.

Dans la pratique courante, l'axe des outils de coupe est disposé normalement à l'effort principal de coupe, de sorte que ces outils travaillent en

(*) Séance du 27 juin 1949.

flexion. Au cours de ces dernières années, des montages ont été réalisés sur certaines machines-outils, notamment pour l'opération de tronçonnage, tels que l'outil travaille en compression, son axe étant parallèle à l'effort principal.

Une étude comparative de ces deux modes de fixation, portant d'une part, sur la relation entre la vitesse de coupe V et la durée de l'outil T (formule de Taylor $VT^n =$ const.) et d'autre part, sur l'état microgéométrique des surfaces obtenues, a montré :

1° Que, dans l'opération d'usinage d'ébauche, la durée de l'outil, pour une même vitesse de coupe, est sensiblement plus longue lorsque l'outil travaille en compression.

L'augmentation de cette durée est d'autant plus importante que les efforts de coupe mis en jeu sont plus élevés. Par exemple, nous avons trouvé que, pour une même profondeur de passe (5^{mm}) mais pour deux avances différentes (0,2 et $0^{mm},5$) la durée de l'outil était doublée pour l'avance $0^{mm},2$ et triplée pour l'avance $0^{mm},5$.

Ces essais ont porté sur un acier nuance demi-dur nécessitant un travail spécifique de coupe de 185 kg/cm³ pour une avance de $0^{mm},2$ et une profondeur de passe de 5^{mm} en coupe orthogonale, pente d'affutage 15°.

2° Que, dans les opérations d'usinage de finition, mettant en jeu des efforts de coupe faibles, la qualité des surfaces obtenues — comme aussi la durée des outils — ne sont pas sensiblement affectées par le mode de fixation.

Le meilleur comportement des outils travaillant en compression dans les opérations d'ébauchage paraît devoir être attribué à une diminution sensible des vibrations de l'outil quand les efforts de coupe sont d'intensité suffisante pour les provoquer.

Du point de vue de la pratique industrielle, la généralisation de l'emploi des outils travaillant en compression doit entraîner une amélioration sensible du rendement des outils.

Du point de vue de l'étude du phénomène de la coupe, cette disposition, du fait qu'elle atténue l'effet perturbateur des vibrations de l'outil, assure une meilleure comparabilité des résultats expérimentaux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Quelques applications de la méthode des états de spins*. Note (*) de MM. **Odilon Chalvet** et **Raymond Daudel**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. La méthode des états de spins développée dans le cadre de l'approximation de Vroelant et Daudel ([1]) peut être appliquée aisément au cas des

---

(*) Séance du 13 juin 1949.

([1]) *Bull. Soc. chim. de France*, 16, 1949, p. 36 et 217 et *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 399.

composés contenant des liaisons cumulées ou acétyléniques. Il suffit selon l'approximation classique de conjuguer entre eux les électrons π_y d'une part et les électrons π_z de l'autre. Si l'on admet par ailleurs que la longueur d'une liaison acétylénique d'indice de liaison π nul est de 1,47 Å ([2]), on peut tracer la courbe reliant l'indice de Penney et la distance interatomique d'une liaison formée par deux carbones de type acétylénique. Le tableau ci-dessous précise la relation obtenue.

Indice de Penney.	Distance interatomique.	Indice de Penney.	Distance interatomique.
0	1,47	1,25	1,28
0,25	1,43	1,50	1,25
0,50	1,38	1,75	1,23
0,75	1,34	2	1,204
1	1,30		

Cette courbe passe notamment par le point correspondant à la liaison centrale du diacétylène (indice 0,666, longueur 1,36). Par contre les points correspondant à la liaison presque purement acétylénique du tolane et du 1-pentène-3 yne s'en écartent nécessairement sans que l'on puisse comprendre pourquoi.

Si avec Coulson ([2]) on admet que le rayon d'un atome de carbone D du type diamant est 0,771 Å, que celui d'un carbone E du type éthylénique est 0,749 et que celui d'un carbone A du type acétylénique est 0,735, on peut construire des courbes parallèles à celle que nous venons de décrire et partant pour l'indice π nul des ordonnées suivantes :

1° 1,542 Å pour les liaisons D-D;

2° 1,520 Å pour les liaisons D-E;

3° 1,498 Å pour les liaisons E-E;

4° 1,484 Å pour les liaisons E-A.

A titre d'exemple signalons que dans le cumulène le carbone central est de type A et les carbones extrêmes de type E.

2. Puisqu'il existe des relations entre les indices de liaison et les distances interatomiques, il est évident qu'à partir de ces distances on puisse remonter aux indices de liaison, donc aux indices de valence libre. Cependant comme les distances ne sont pas connues avec une grande précision et que les relations en question sont presque linéaires, on peut plus simplement évaluer directement la valence libre d'un atome selon une formule du type

$$J_l = C - \sum_m \Delta_{lm},$$

où C est une constante que l'on montre être égale à 0,42 et où Δ_{lm} représente

([2]) Publication en l'honneur de V. Henri.

la différence entre 1,54 Å et la longueur de la liaison *lm*. La sommation Σ est étendue à toutes les liaisons partant de l'atome *l*.

3. On a montré ([1]) que les squelettes renfermant une liaison du type (3,3) devaient être cancérophiles. La réactivité de la liaison (3,3) dépend des deux liaisons voisines. Le tableau suivant donne les principales combinaisons possibles et la valeur de la somme des indices de valence libre sur la liaison (3,3).

Désignation de la liaison (3,3) et des deux voisines.			Somme des Indices de Valence libre.	Exemples de corps renfermant la liaison.
(2, 3, 3)	(3, 3)	(2, 3, 3)	0,994	Stilbène, β-dinaphtyléthylène
(2, 3, 3)	(3, 3)	(2, 3, 4)	0,979	{ phényl α naphtyléthylène { α naphtyl β naphtyléthylène
(2, 3, 4)	(3, 3)	(2, 3, 4)	0,964	phénanthrène, benzophénanthrène pyrène, benzopyrène, 1.2-benzanthracène, 1.2.5.6-dibenzanthracène, α dinaphtyléthylène
(2, 3, 3)	(3, 3)	(2, 4, 4)	0,949	phényl anthranyléthylène.
(2, 3, 4)	(3, 3)	(2, 4, 4)	0,934	chrysène, picène
(2, 4, 4)	(3, 3)	(2, 4, 4)	0,906	picène

4. Enfin on peut, toujours en utilisant ce mode d'approximation, évaluer les chaleurs d'activation de diverses réactions. On observe qu'il y a un parallélisme entre celles-ci et l'indice de valence libre de l'atome attaqué.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de quelques dérivés aryl-Δ_2-cyclopenténiques.* Note (*) de MM. **Max Mousseron** et **François Winternitz**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'action du chloro-1 cyclopentène-2 sur les magnésiens du *p*-bromoanisole et du méthoxy-6 bromo-2 naphtalène selon la technique de von Braun et Kühn ([1]), permet d'atteindre le *p*-méthoxyphényl-1 cyclopentène-2, $\acute{E}_{20}$ 145-147°; d_{24}^{24} 1,039; n_D^{24} 1,5453 et le (Δ_2-cyclopentényl)-2 méthoxy-6 naphtalène, $\acute{E}_{0,1}$ 135-140°; F 64°; picrate F 113-114°. Ce dernier (I*c*) conduit, après hydrogénation au nickel Raney, au méthoxy-6 cyclopentyl-2 naphtalène, F 74-76°, picrate F 118-120° obtenu également à partir du cyclopentényl-2 méthoxy-6 naphtalène ([2]) par hydrogénation au charbon palladié.

Les dérivés (I *a*) et (I *b*) réagissent avec l'acide perbenzoïque pour conduire

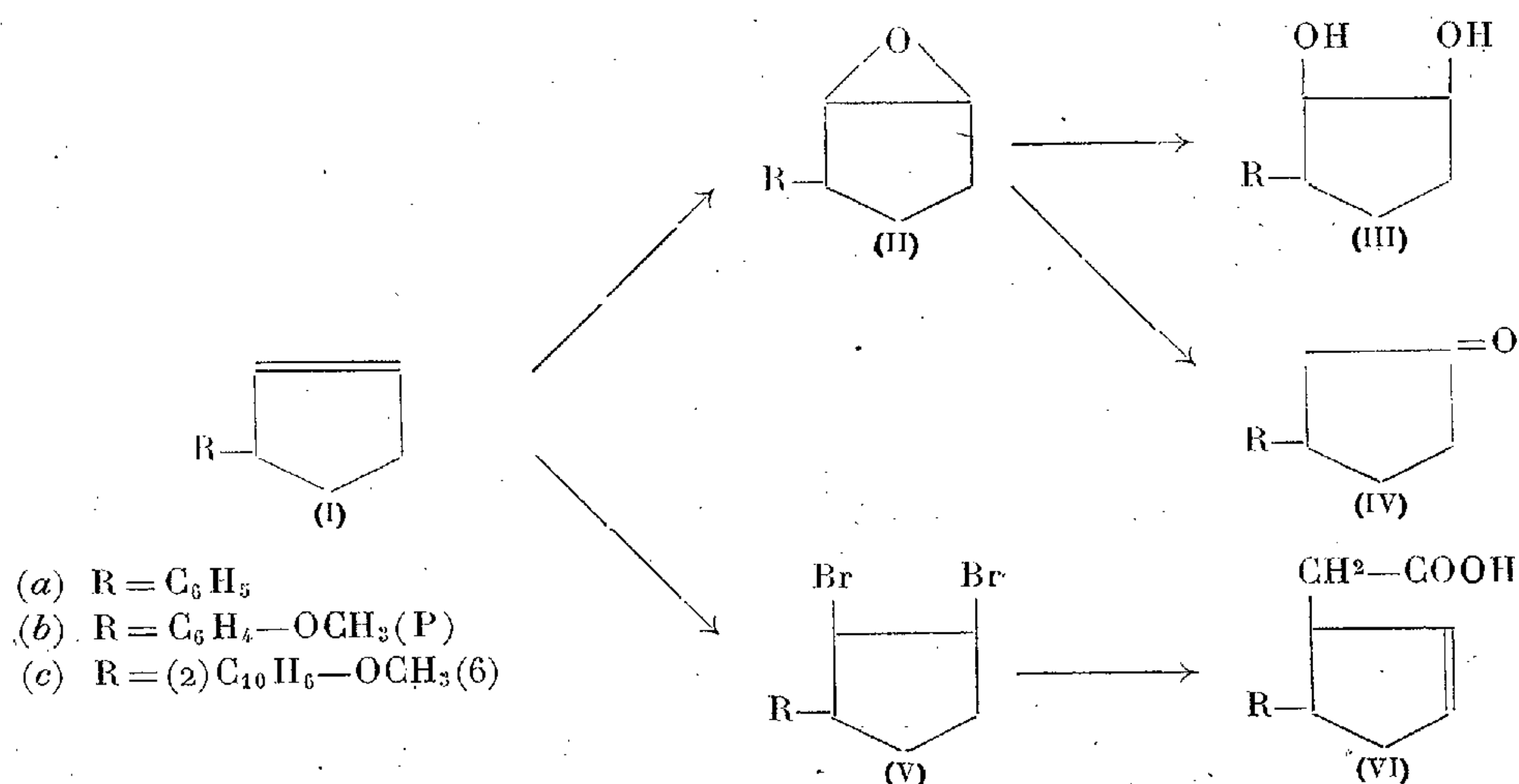
---

(*) Séance du 27 juin 1949.

([1]) *Ber. d. chem. Ges.*, 60, 1927, p. 2553.

([2]) Bergmann et Bergmann, *J. Am. Chem. Soc.*, 59, 1937, p. 1447, et Bachmann et Kloetzel, *ibid.*, 60, 1938, p. 2209.

aux époxydes correspondants (II *a*); $É_3$ 97-98°; d_{25}^{25} 1,084; n_D^{25} 1,5446 et (II *b*) : $É_3$ 130-135°; d_{25}^{25} 1,115; n_D^{25} 1,5469.



L'hydratation de ces époxydes en milieu acide dilué donne les diols correspondants (III *a*) : $É_{0,3}$ 157-160°; F 96-98° et (III *b*) : $É_{0,2}$ 175-180°, F 110° de structure très vraisemblablement *trans*. Lorsque l'hydroxylation de (I *b*) a lieu avec l'acide performique ([3]), à côté du diol précédent prédominant, on isole également un diol liquide, $É_{0,2}$ 180°.

L'isomérisation des époxydes par le chlorure de zinc anhydre permet d'atteindre les arylcyclopentanones : dans le cas du phényl (II *a*), la cétone ainsi obtenue est liquide, avec une semicarbazone F 236-237°, oxime F 144-145° correspondant à la phényl-1 cyclopentanone-2 décrite par Mitchovitch ([4]) comme solide, F 126-127°; dans le cas de l'anisyl (II *b*) c'est la *p*-méthoxyphényl-1 cyclopentanone-3 (IV *b*) qui se forme principalement, F 47-49°, semicarbazone F 187°, 2.4-dinitrophénylhydrazone F 183-185° ([5]), ([6]) à côté de faibles quantités de la cétone en (2), semicarbazone F 206°. La cétone (IV *b*) a été d'ailleurs identifiée après déméthoxylation avec la *p*-hydroxyphényl-1 cyclopentanone-3, F 110-112° ([5]).

Traités par le brome en solution chloroformique à 0°, les arylcyclopentènes (I) conduisent à des dérivés dibromés sur le noyau cyclopentanique (V). Ceux-ci sans être isolés ont été soumis à l'action du malonate d'éthyle sodé puis après saponification et décarboxylation on sépare les monoacides correspondants.

([3]) Adkins et Roebner, *J. Am. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 4044.
([4]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1601.
([5]) Wilds et Johnson, *J. Am. Chem. Soc.*, 67, 1945, p. 288.
([6]) Holzer, Thèse Sciences, Zurich, 1945, p. 27.

L'acide phényl-2 cyclopentène-4 malonique, F 117-118° conduit ainsi à l'acide phényl-2 cyclopentène-4 acétique (VI*a*), F 92° qui, hydrogéné par le charbon palladié, engendre l'acide phényl-2 cyclopentane acétique F 65-67°, amide F 111-113° identique à celui de Buu-Hoï [7].

L'acide *p*-méthoxyphényl-2 cyclopentane acétique F 84-85° a été obtenu selon les mêmes réactions à partir de (VI*b*) F 131-133°, de même l'acide (méthoxy-6′ naphtyl-2′)-2 cyclopentène-4 malonique F 185-187°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'estérification du dibromocholestérol.* Note de Mlle **Madeleine Darmon**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les dérivés 5.6-dihalogénés des esters des hydroxy-3 stéroïdes non saturés peuvent être obtenus par fixation des halogènes sur la double liaison de l'ester ou par estérification du stérol préalablement dihalogéné en 5-6. Dans le cas du dibromocholestérol, on ne connaît jusqu'ici qu'un seul exemple de cette deuxième méthode, sa transformation en sulfate [1].

Nous nous sommes proposé de comparer les produits obtenus par ces deux voies dans quelques cas particuliers. Notre étude a porté sur les esters sulfureux, acétique, paratoluènesulfonique et chlorhydrique du dibromocholestérol.

Le chlorure de thionyle fournit à température ambiante, avec un rendement supérieur à 70 %, un sulfite neutre non encore décrit, que l'on opère avec un grand excès de chlorure de thionyle, ou en présence d'un excès de pyridine. L'acétate de dibromocholestérol s'obtient encore plus aisément dans les mêmes conditions, par action du chlorure d'acétyle. Un paratoluènesulfonate, encore inconnu, a pu être préparé par action d'un léger excès de chlorure de paratoluènesulfonyle sur le dibromocholestérol en présence d'un grand excès de pyridine.

Il n'en fut pas de même du chloro-3 dibromo-5.6 coprostane (ou cholestane) que nous avons cherché à former par action de PCl_5 ou du chlorure de thionyle sur le dibromocholestérol. Malgré de nombreux essais, PCl_5 ne nous a fourni que des huiles incristallisables, et le chlorure de thionyle ne conduit qu'à l'obtention du sulfite neutre, à côté d'une faible fraction qui, d'après les résultats analytiques, semble constituée par un mélange de composés mal défini.

D'autre part les produits de dibromuration du sulfite, de l'acétate et du paratoluènesulfonate de cholestérol (dans le mélange éther-acide acétique ou dans le sulfure de carbone) sont constitués par des dibromures identiques à

(7) Buu-Hoï et Cagniant, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 744.

(1) A.-E. Sobel et P.-E. Spoerri, *J. am. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 1259.

(1) Points de fusion instantanés au bloc Maquenne.

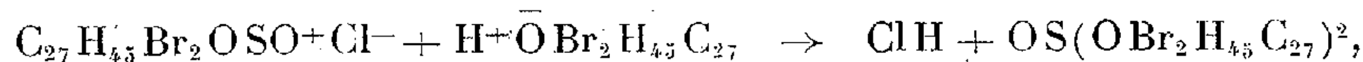
ceux préparés à partir du dibromocholestérol, comme l'indiquent leurs constantes physiques ainsi que le point de fusion du mélange :

Ester.	P. F.	$[\alpha]^{20°}_{578}$.	Br (%).	S (%).
Sulfite (estérif.)...........	153°-154°	—51°,4	28,34	2,79
Sulfite (bromurat.).........	153°-154°	—51°,6	28,19	2,94
Théorie pour $C_{54}H_{90}Br_4O_3S$..			28,12	2,81
Acétate (estérif)...........	130°-131° (²)	—44°,7	27,51	
Acétate (bromurat.)........	130°-131°	—44°,9	27,23	
Théorie pour $C_{29}H_{48}Br_2O_2$ ..			27,21	
p-toluènesulfonate (est.).....	135°-136°	—48°,4	22,76	4,75
p-toluènesulfonate (brom.)..	135°-136°	—49°,0	22,56	4,62
Théorie pour $C_{34}H_{52}Br_2O_3S$..			22,85	4,57

Les dérivés stéroïdes substitués aux atomes de carbone 3,5 et 6 peuvent exister chacun au nombre de huit isomères qui sont soit cholestaniques, soit coprostaniques, soit des dérivés du cholestérol, soit de l'épicholestérol. Le problème se pose évidemment de déterminer pour chaque composé sa constitution spatiale, ce qui n'est pas toujours aisé. Descombes et Rabinowitch [3] ont prouvé par des méthodes d'hydrogénation que le dichlorocholestérol et la dichlorocholesténone appartiennent à la série du cholestane, tandis que Butenandt [4] considère le dibromocholestérol comme étant de structure coprostanique.

Nos trois esters du cholestérol se comportent à la bromuration comme le cholestérol lui-même : ils fournissent des dibromures uniques à même configuration que le dibromocholestérol.

Le fait que l'on obtienne par action du chlorure de thionyle sur le dibromocholestérol un sulfite neutre et non un chlorure s'explique par l'ionisation du dibromocholestérol sous la forme $C_{27}H_{45}Br_2\overline{O}H^+$ et par la condensation du chlorosulfite intermédiairement formé avec une nouvelle molécule de dibromocholestérol ionisé



$$C_{27}H_{45}Br_2OSO^+Cl^- + H^+\overline{O}Br_2H_{45}C_{27} \rightarrow ClH + OS(OBr_2H_{45}C_{27})^2,$$

condensation s'effectuant plus rapidement que la décomposition en chlorure, probablement par effet stérique.

Une dernière conclusion de cette étude concerne la position de la double liaison du paratoluènesulfonate de cholestéryle, qui a été mise en question par Stoll [5], et que nous pouvons fixer en 5-6 comme dans le cholestérol vu l'identité du composé de bromuration du paratoluènesulfonate de cholestéryle et d'estérification du dibromocholestérol par le chlorure de paratoluènesulfonyle.

(²) E. S. Wallis et E. Fernholz, *J. am. chem. soc.*, 57, 1935, p. 1505, indiquent 112-115°.

(³) Jean Descombes et Jean Rabinowitch, *Bull. Soc. chim.*, 5ᵉ série, 6, 1939, p. 1520.

(⁴) A. Butenandt et G. Schramm, *Ber. deuts. chem. Ges.*, 69, 1936, p. 2290.

(⁵) Stoll, *Zeits. phys. chem.*, 246, 1937, p. 8.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles méthodes générales de synthèse de cétones β-chloroéthylées.* Note de M. **Georges Darzens**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les cétones β-chloroéthylées de formule générale $R—CO—CH_2—CH_2Cl$ se prêtent à de multiple synthèses et présentent, à ce titre, un intérêt particulier. C'est ainsi que traitées par une amine tertiaire elles donnent des vinylescétones, qu'avec les amines primaires et secondaires elles donnent des amines, que l'action de l'aniline permet d'accéder aux 4-alcoyl-quinoléines, enfin qu'elles réagissent avec les dérivés sodés de l'ester acétylacétique et de l'ester malonique pour donner des corps qu'il serait difficile de préparer autrement.

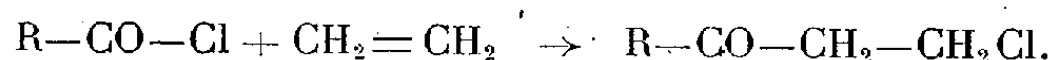
Blaise et Maire en ont donné les premiers une méthode générale de synthèse en faisant réagir le chlorure de l'acide β-chloropropionique avec les dérivés organométalliques mixtes du zinc :



$$CH_2Cl—CH_2—COCl + ZnIR \rightarrow CH_2Cl—CH_2—CO—R.$$

De l'aveu même de ces auteurs, cette réaction ne permet pas de les obtenir facilement, à cause de la préparation des organozinciques qui exige des dérivés iodés et celle du chlorure β-chloropropionique qui est difficile.

Kenner et Statham ont, par la suite, préconisé la condensation des chlorures d'acides avec l'éthylène en présence de $AlCl_3$ [1]



$$R—CO—Cl + CH_2{=}CH_2 \rightarrow R—CO—CH_2—CH_2Cl.$$

Quant à la chlorométhylation de cétones de formule $R—CO—CH_3$, elle ne peut donner de cétones chlorées du type considéré qu'avec l'acétone et les cétones où le groupe CO est en relation avec un carbone tertiaire comme la pinacoline $(CH_3)_3C—CO—CH_3$ [2].

Ayant eu besoin d'une de ces cétones β-chloroéthylées au cours d'un travail, j'ai été amené à chercher une méthode pratique de les préparer. M'inspirant d'un travail de R. G. Jones [3], j'ai d'abord songé à remplacer, dans la méthode de Blaise et Maire, la préparation directe du dérivé organozincique ZnIR par la double décomposition entre le dérivé organomagnésien correspondant MgBrR et le chlorure de zinc, conformément à la technique suivante :

On commence par préparer un dérivé organomagnésien en faisant réagir 24g de Mg avec une molécule d'un dérivé bromé RBr en présence de 350g d'éther. On ajoute ensuite, en

(1) Baise et Maire, *Comptes rendus*, 142, 1906, p. 214; *Bull. Soc. Chim. France*, 3, 1908, p. 268; Kenner et Stotham, *Ber. deutsch. chem. Gesells.*, 69, 1936, p. 16; Scheuring-Kahlbaum, Brevet angl., 282-412.

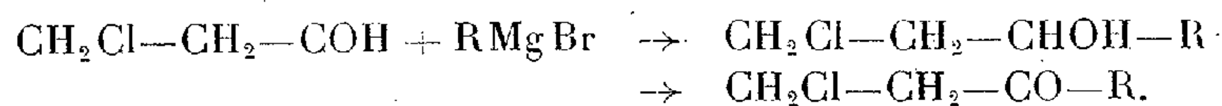
(2) Colonge, *Bull. Soc. Chim. France*, 3, 1936, p. 2116.

(3) R.-G. Jones, *J. Am. Soc.*, 69, 1947, p. 2350.

refroidissant, 136g de $ZnCl_2$ anhydre dans 450g d'éther; enfin, dans ce mélange fortement refroidi avec de la glace, ou écoule lentement une solution de 127g de chlorure β-chloropropionique dans 300g d'éther; la préparation est ensuite traitée suivant la technique de Blaise et Maire.

J'ai ainsi préparé l'isobutyle β-chloroéthylcétone, déjà préparée par Blaise et Maire, avec un rendement d'environ 65 à 70 %.

J'ai ensuite pensé qu'il serait possible d'éviter complètement la préparation du chlorure d'acide en préparant d'abord un alcool secondaire β-chloroéthylé en condensant le dérivé organomagnésien avec l'aldéhyde β-chloropropionique suivant les indications de M. Fourneau et Mme Ramart [4] et en oxydant ensuite cet alcool en cétone.



$$CH_2Cl-CH_2-COH + RMgBr \rightarrow CH_2Cl-CH_2-CHOH-R \rightarrow CH_2Cl-CH_2-CO-R.$$

L'expérience a entièrement confirmé cette suggestion :

Après avoir préparé l'alcool secondaire suivant les indications de M. Fourneau et Mme Ramart, on l'oxyde à froid en solution benzénique étendue et à l'agitation mécanique, en écoulant lentement une solution aqueuse froide sulfochromique correspondant à un atome d'oxygène; la solution est ensuite décantée, lavée avec soin, séchée, puis rectifiée après avoir chassé le benzène.

La condensation des magnésiens avec l'aldéhyde chloré étant une réaction très générale et donnant de bons rendements, il en résulte, par suite, une excellente méthode, de même généralité, pour la préparation des β-chloroéthylcétones. Je me propose de rechercher si l'on ne pourrait pas de même préparer les β-bromoéthylcétones à l'aide de l'aldéhyde β-bromopropionique aussi facilement accessible.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Dispositif continu pour la préparation de gros monocristaux à partir de leurs solutions.* Note de M. **Jean Chapelle**, présentée par M. Jean Cabannes.

La préparation rapide de gros monocristaux, à partir de leurs solutions, se heurte aux difficultés techniques suivantes :

I. Par évaporation, il est difficile de maintenir constante la marche de la cristallisation.

II. Par chute de température, le réglage du cycle de température nécessite une longue mise au point. Il est nécessaire d'utiliser des thermomètres à contact variable. Les appareils dont on dispose en France sont la cause de

---

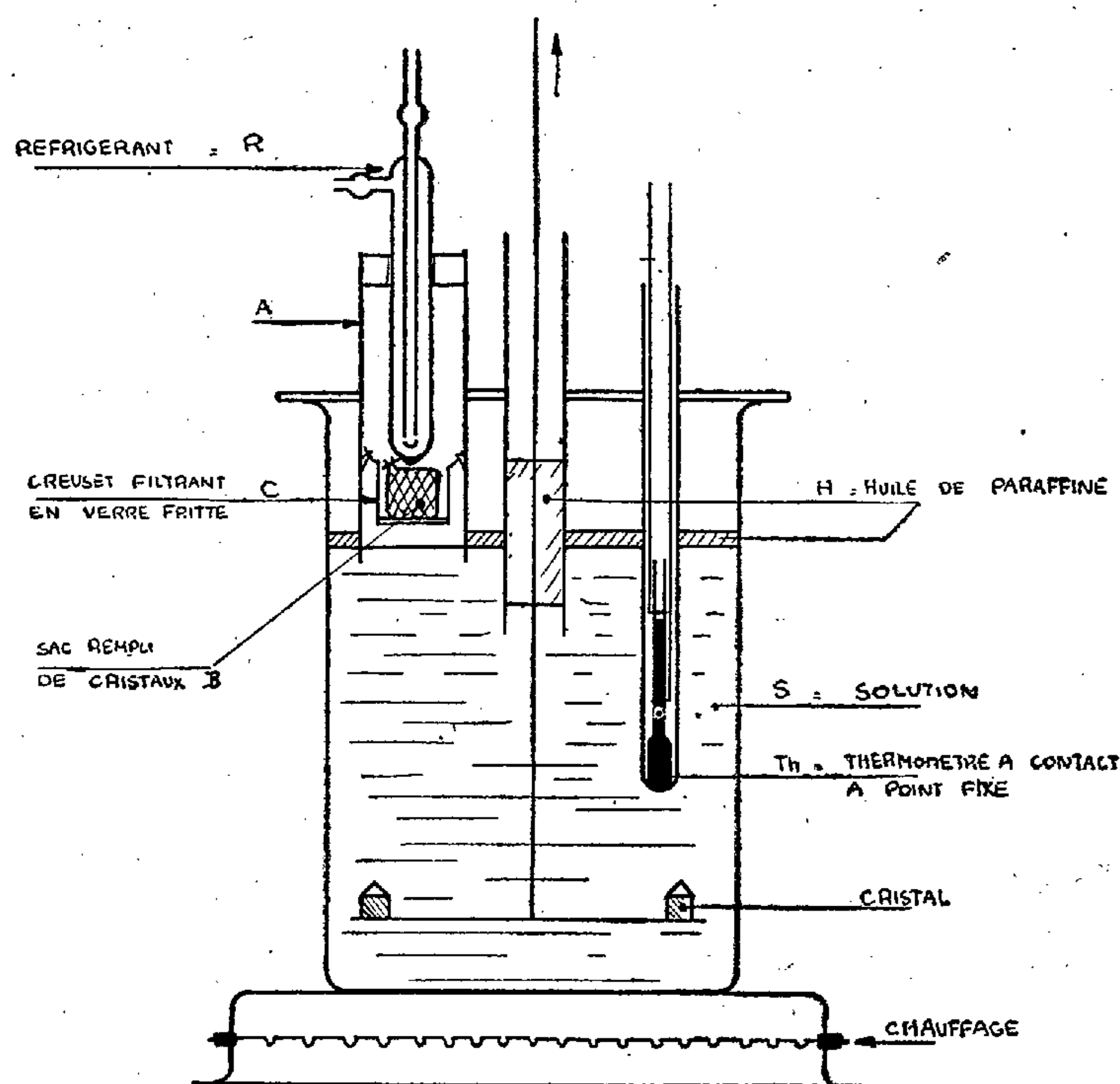
(4) E. Fourneau, *J. Pharm. Chim.*, 25, 1907, p. 599; E. Fourneau et Mme Ramart-Lucas, *Bull. Soc. Chim.*, 27, 1920, p. 550.

multiples accidents, pour des opérations qui s'étendent souvent sur un mois.

D'autre part, lorsqu'on a à faire à un cristal peu soluble, ou à un cristal dont la solubilité varie peu en fonction de la température, les dimensions du corps qu'on veut obtenir sont limitées par le volume de solution employé.

Nous avons essayé de tourner ces difficultés à l'aide du dispositif suivant :

La solution est maintenue à température constante à l'aide d'un thermomètre à contact à point fixe. Une fraction de la surface de la solution peut s'évaporer librement et venir se condenser partiellement sur le réfrigérant R (*voir* la figure ci-jointe). De l'eau pure tombe ainsi goutte à goutte sur un sac contenant le sel à cristalliser; ce sac est contenu dans un creuset dont la paroi inférieure est en verre fritté, de sorte que le liquide est filtré avant de retomber dans la solution.



SCHEMA DU DISPOSITIF DECRIT

Le seul réglage est celui de la fréquence à laquelle il est nécessaire d'ouvrir le tube A et de remplacer le sac vide B par un autre plein.

Nous avons mis au point le dispositif sur du phosphate d'ammonium : les germes sont collés sur un agitateur en plexi-glass animé d'un mouvement alternatif de bas en haut. Dans un bécher de 10^{l}, on peut ainsi placer 8 cristaux dont la section perpendiculaire à l'axe quaternaire est de 4×4^{cm}. Un tube A de 7^{cm} de diamètre contient le creuset à extraction. Lorsqu'on opère à 55°C,

on peut extraire 30^g de sel en 24 heures. Ce chiffre est loin de la vitesse maxima réalisable. Il a seulement pour but de donner l'ordre de grandeur de la vitesse d'extraction d'un sel moyennement soluble.

GÉOLOGIE. — *Stratigraphie des Bassins tertiaires de Saint-Alban et du Malzieu (Lozère), de Saint-Flour et de Neussargues (Cantal).* Note de M. **Roger Rey**, présentée par M. Charles Jacob.

Le horst de la Margeride, de direction générale NO-SE, domine vers l'Est la vallée de l'Allier qui relie le bassin de Langogne au Sud au Bassin de Brioude au Nord; vers l'Ouest s'étend une fosse d'effondrement parallèle à la Margeride et occupée par les bassins sédimentaires de Saint-Alban-sur-Limagnole, le Malzieu, Saint-Flour, Neussargues. La présente Note a pour but de préciser les relations des formations sédimentaires du bassin tertiaire de Saint-Flour, étudiées précédemment [1], avec les formations analogues de Saint-Alban, le Malzieu au Sud, et celles de la région de Neussargues plus au Nord.

1° *Saint-Alban le Malzieu.* — Aux abords mêmes de la localité de Saint-Alban, où des bancs calcaires furent jadis exploités, on rencontre un horizon de meulière et de calcaire lacustres à *Limnea* (*Stagnicola*) *Jassesencis* nov. sp. Jodot, et *Limnea* (*Stagnicola*) *orelongo* Boubée var. *Galensis Font.*, déterminées par P. Jodot, et qui ont permis à celui-ci d'attribuer cette formation au Sannoisien vraisemblablement supérieur. *Limnea orelongo* Boubée sert ainsi de jalon pendant le Sannoisien entre les bassins lacustres du Gard et ceux du Sud-Ouest de la France. *Limnea Jassesensis* étant représentée dans la Limagne, d'après Giraud, par *Limnea cf. arqualis*, il est possible que des communications lacustres aient existé à cette époque entre les régions de Saint Alban et la Limagne d'Issoire [2].

Les grès rutilants du Rouget, près de Saint-Alban, conservés entre deux failles, en position plus élevée que la meulière et le calcaire à Limnées qui occupent le centre du bassin d'effondrement, sont en réalité plus anciens, car ils existent aussi sous ces formations. Ce sont, en effet, ces mêmes grès rutilants qui forment les gradins sur lesquels coule la Truyère, à Saint-Léger, à l'extrémité Nord du bassin du Malzieu, sous des bancs épais de meulière compacte.

Dans la région du Malzieu, on trouve à la base, reposant sur une argile verte, un horizon de calcaire, de calcaire siliceux et de meulière, visible dans quelques affleurements, en particulier, près de Verdezun. Cet horizon, non fossilifère jusqu'à présent, peut être parallélisé avec les calcaires à limnées et meulières sannoisiens de Saint-Alban. Il est, en effet, recouvert par des masses importantes d'argile sableuse bariolée. Or, dans la partie Ouest du bassin de Saint-Alban-le-Malzieu, ces mêmes argiles bariolées sont ravinées par la formation à chailles et silex jurassiques, déjà étudiées dans le bassin de Saint-Flour où elle s'étend en continuité du Stampien supérieur au Pliocène [1]. Ces argiles sont donc d'âge stampien inférieur. De fait, la base de cette formation à chailles, silicifiée au Sud-Ouest du Malzieu (grès du Malzieu), contient une florule attribuée par Boule à

---

[1] R. Lavocat, R. Michel et R. Rey, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 191.
[2] P. Jodot, *Notes inédites*.

l'Oligocène supérieur (3). La formation à chailles, avec des éléments plus gros, se rencontre déjà, sans position stratégraphique précise, beaucoup plus au Sud sur le plateau de La Grange près de Saint-Amans, à Javols et à Chabannes, près de Rimeize.

2° *Saint-Flour.* — Les argiles bariolées se rencontrent surtout dans les parties hautes de la périphérie du bassin ; à l'Est : Lorcières, Ruines, Vabres; à l'Ouest : Grisolles, Roffiac. Mais, dans la partie centrale effondrée du bassin, elles reposent sous la formation à chailles; en particulier, au gisement fossilifère dit de *Brons*, elles n'en sont séparées que par un très faible niveau de calcaires de grès calcaire fin, qui a précisément livré les Mammifères stampiens. Ici encore, les argiles bariolées représentent donc la base du Stampien.

3° *Neussargues-Joursac.* — Les argiles bariolées sont surmontées en plusieurs points, en particulier au Pont du Vernet, par un niveau de grès calcaire et de calcaire. Comme dans le bassin du Malzieu, la formation à chailles, ici à éléments plus petits, ravine les argiles bariolées; puis, comme dans le bassin de Saint-Flour, elle atteint la brèche andésitique interstratifiée dans la formation et finalement le basalte des plateaux qui la recouvre.

Le tableau suivant résume nos observations :

Sud-Est St-Alban le Malzieu.	St-Flour.	Nord-Ouest Neussargues-Joursac.
Basalte de Julianges (?)	Basalte des plateaux	Basalte des plateaux
Formation à chailles (Grès du Malzieu)	Formation à chailles { Pliocène : Roffiac Miocène { Calvaire de St-Flour, Trou d'Enfer } Stampien : Vendèze	Formation à chailles { Pliocène { Joursac, Bervières } Miocène { Joursac (flore) } Stampien
Stampien inférieur	Calcaire de Brons	Calcaire du Pont du Vernet
Argiles bariolées	Argiles bariolées	Argiles bariolées
Sannoisien		
Calcaires à Limnées et meulière		
Grès du Rouget et de St-Léger		

L'existence par delà le horst de la Margeride, à la Bastide près de Molompize (Cantal), d'une formation de calcaire à *Helix* cf. *Beyrichi Desch.*, *Limnea* (*Radix*) cf. *fabula Brong.*, *Limnea* (*Stagnicola*) aff. *cornea Brong.*, *Neritina* (*Vittoclithon*) cf. *lautricensis Noul.* (déterminations P. Jodot) d'âge stampien moyen (2) recouvrant 20 mètres d'argiles bariolées; l'existence de la faune de Barlières d'âge stampien inférieur (4) recouvrant également des formations rouges; enfin les faunes d'âge stampien de Brons et de Vendèze de la base des formations à chailles (5), ainsi que les observations exposées ci-dessus, permettent d'assimiler les argiles bariolées des bassins tertiaires de la Haute Auvergne au Stampien inférieur détritique de la Limagne. Les calcaires de

(3) *Bull. Serv. Carte Géol. de France*, 1892, p. 50.

(4) J. Jung, *Mém. Serv. Carte Géol. de France*, 1946, p. 90.

Brons et de Joursac dateraient ainsi du Stampien inférieur terminal et la base de la formation à chailles du Stampien moyen ou même supérieur. Comme en Limagne ([3]), le Sannoisien se réduirait à quelques rares affleurements : ceux de Saint-Alban et du Malzieu.

PÉTROGRAPHIE. — *Blocs de serpentine renfermés à l'état d'enclaves dans les gneiss du Châtelet (Creuse).* Note de MM. **Maurice Chenevoy, Erasme Filippini** et **Jean Jung**, présentée par M. Charles Jacob.

La remise en état de la tranchée de la route donnant accès à la mine d'or du Châtelet (Creuse) nous a permis d'y découvrir, à 45^m au toit du filon Émile, des blocs de serpentine enclavés dans le gneiss. Des nids identiques ont été trouvés par la suite à 100^m au Sud du point précédent, ainsi que dans les travaux du fond, aux étages 228 (T. B. Est) et 258 (T. B. Émile-Henri Sud). Des enclaves de serpentine dans le gneiss avaient déjà été anciennement signalées en France, par Dorlhac ([1]) à Lempdes et par Fouqué ([2]) à la Voute-Chilhac, dans la Haute-Loire. A. Emberger vient d'en découvrir un nouveau gisement à Orsennes (Indre). Mais jusqu'ici, rien n'a été dit sur la pétrographie et sur l'origine de cette singulière formation.

Ces enclaves sont groupées en essaims de 10 à 20^m de traversée, dont les relations mutuelles ne peuvent être qu'imparfaitement établies. Leur disposition, leurs formes parfois anguleuses, leurs dimensions non calibrées, allant de quelques centimètres à un mètre et au delà, concourent à évoquer l'idée d'une masse de serpentine unique et fragmentée sur place. L'existence d'auréoles minéralogiquement différenciées au sein du gneiss, autour de ces enclaves, démontre qu'il s'agit d'un phénomène contemporain du métamorphisme. Dans les travaux du fond, où les roches sont plus fraîches, on peut distinguer autour de chaque bloc la succession de zones concentriques suivantes :

a. Gneiss encaissants : ce sont des anatexites granitoïdes à biotite et cordiérite, à stratification plus ou moins floue, tendant à épouser la forme des enclaves.

b. Auréole externe passant progressivement au gneiss normal, large d'un mètre environ. Le gneiss s'y charge de biotite. Seul feldspath présent : oligoclase An_{25}.

c. Zone large de quelques centimètres, formée exclusivement de biotite et de cordiérite largement cristallisées et d'un peu de quartz microscopique.

([3]) R. Lavocat, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 585.

([1]) J. Dorlhac, *Annales Société Agriculture du Puy*, 20, 1846, p. 679.

([2]) M. Boule, *Bull. Soc. géol. France*, 19, 1891, p. 972.

d. Mince enveloppe de lames de biotite, posées à plat sur la surface de l'enclave.

e. Croûte épaisse de quelques millimètres à 10^{cm}, parfois inexistante, formée de fibres d'asbeste implantées perpendiculairement à la surface de l'enclave. Il s'agit d'une asbeste amphibolique : la *gédrite* (allongement +, signe optique —, $2V = 79°$). Ces mêmes fibres de gédrites forment à l'intérieur des gros blocs des filonnets entrecroisés.

f. Au centre, la masse principale de l'enclave est formée par de la serpentine maillée à hornblende incolore, phlogopite et spinelle brun chromifère. La serpentine est partiellement pseudomorphosée en talc (diagnostic confirmé par l'analyse thermique), et contient de grandes lames de chlorite blanche ($2V = 0°$) et parfois d'une chlorite bleu verdâtre).

Ces enclaves donnent donc naissance dans le gneiss à des auréoles d'exomorphisme et d'endomorphisme par double diffusion des éléments chimiques, exactement comme dans le cas des enclaves du granite. Le magnésium de la serpentine diffuse dans le gneiss (zone *b*) en chassant le calcium lorsque sa concentration est maxima (zone *c*). Inversement le silicium et l'aluminium du gneiss ont pénétré dans l'enclave (zone *e*) en transformant la serpentine en gédrite. Au centre, la présence de talc en quantité anormale indique une pénétration sélective du silicium (zone *f*). Il faut en conclure que les conditions au moment de la migmatisation ont été très semblables à celles qui existent lors de la formation d'un véritable granite.

L'origine de nos enclaves peut s'expliquer par l'hypothèse de l'existence d'un petit massif de péridotite ayant résisté à la migmatisation, mais qui se serait brisé en multiples fragments dans un milieu ayant acquis une certaine fluidité. Chaque fragment aurait ensuite été partiellement digéré pour son compte. A l'appui d'une telle interprétation, il est à remarquer que tous les cas de gneiss contenant des enclaves de serpentine, connus jusqu'à présent en France, aussi bien dans la Haute-Loire et dans l'Indre que dans la Creuse, se rapportent sans exception à des migmatites.

PALÉONTOLOGIE HUMAINE. — *Sur la présence, dans le Villafranchien d'Algérie, de vestiges éventuels d'industrie humaine.* Note de M. **Camille Arambourg**, présentée par M. Charles Jacob.

Poursuivant l'étude paléontologique des formations villafranchiennes du Nord de l'Afrique, j'ai consacré plusieurs campagnes de fouilles successives au gisement de l'Aïn Hanech, aux environs de Saint-Arnaud (Constantine), non loin du point fossilifère classique de l'ancienne route de Sillègue.

La faune recueillie, relativement abondante, comprend essentiellement les éléments suivants : *Anancus Osiris*, *Elephas* (*Archidiskodon*) cf. *meridionalis*, *El.* (*Archidiskodon*) cf. *planifrons*, *Atelodus* cf. *simus*, *Stylohipparion libycum*, *Equus* (ou *Asinus*?)

sp., *Hippopotamus amphibius*, *Omochœrus phacochœroides*, *Libytherium maurusium*, *Giraffa* sp; divers bovidés de type africain : *Bos*, *Alcelaphus*, *Oryx*, *Gazella*, un Capridé eurasiatique nouveau voisin de *Procamptoceras* du Villafranchien de Senèze (Haute-Loire), etc.

Une telle association qui, à l'exception du dernier élément, correspond en tous points, ainsi que je l'ai indiqué ailleurs (1), à celle des dépôts du premier grand Pluvial de l'Afrique orientale et australe, est caractéristique du Villafranchien nord-africain. Elle se retrouve d'ailleurs partiellement en Tunisie, dans le département d'Oran, et au Maroc, où elle est datée stratigraphiquement par les relations des couches qui la renferment avec du Pliocène marin fossilifère.

Or, au cours des deux dernières campagnes de fouilles effectuées dans ce gisement (automnes 1947 et 1948), j'ai rencontré, associés aux ossements fossiles précités, un certain nombre d'objets lithiques isolés dont la morphologie paraît échapper (de l'avis de la majorité des géologues auxquels je les ai soumis) à l'action des causes naturelles. Il s'agit de sphéroïdes calcaires ou dolomitiques à surface polyédrique, dont la taille varie de celle d'une mandarine à celle d'une grosse orange. Il est visible que, primitivement, ces objets étaient des galets fluviatiles, à surfaces parfaitement usées et arrondies, qui, au cours d'une phase dont les causes sont à déterminer, ont subi un concassage superficiel plus ou moins complet qui leur a donné leur forme polyédrique actuelle. L'action mécanique de ce concassage est manifeste car, sur de nombreux spécimens, les points d'impacts de percussions, ayant causé le détachement d'éclats plus ou moins conchoïdes, sont parfaitement visibles.

Ces objets sont dispersés (j'en ai recueilli au total une quarantaine au cours d'une fouille portant sur 250 à 300$^{m^3}$ de déblais) au sein d'une couche d'argile lacustre grise, riche en ossements de Mammifères et dans laquelle ne se rencontre, à part quelques galets, aucun éclat ni aucun fragment rocheux anguleux.

Quelques spécimens proviennent également d'un petit banc de poudingue sous-jacent à la couche argileuse, riche aussi en ossements, mais également dépourvu d'éclats rocheux autres que ces polyèdres.

Il semble donc (et c'est l'avis d'éminents préhistoriens français et étrangers auxquels je les ai soumis) qu'il faille envisager la possibilité d'une origine artificielle pour ces objets, qui se trouveraient être ainsi parmi les plus anciens vestiges portant les traces d'un façonnage intentionnel. Plusieurs d'entre eux rappellent d'ailleurs beaucoup certaines pièces que l'on rencontre associées plus ou moins sporadiquement à des types industriels mieux définis, tels que ceux du *Kafuen* de l'Uganda, du *Soan* du Nord-Ouest de l'Inde ou du *Patjitanien* de Java.

Mais avant d'adopter une opinion définitive, il sera nécessaire de rechercher localement, comme je me propose de le faire au cours de prochaines campagnes, les affleurements rocheux ayant fourni la matière première de ces objets et d'en vérifier le mode de désagrégation par les agents naturels.

---

(1) *Mission scientifique de l'Omo*, I, fasc. 3, 1947, p. 506.

MYCOLOGIE. — *Symbiose entre deux champignons* (Sphærocybe concentrica *et* Sordaria fimicola) *et son influence sur leur croissance et leur fructification.* Note de M. **François Mariat**, présentée par M. Joseph Magrou.

Le *Sphærocybe concentrica*, champignon du groupe des Stilbacées décrit en 1945 par MM. Magrou et Marneffe, ne produit ses corémies caractéristiques que lorsqu'il est cultivé sur des milieux contenant de l'aneurine ou l'un des constituants de cette vitamine, le thiazole (1). L'aneurine ou le thiazole agissent dans ce cas comme facteurs morphogènes, rendant possible la multiplication asexuée du champignon par la production des appareils conidiens spéciaux que sont les corémies.

En associant le *Sphærocybe concentrica* avec le *Rhodotorula rubra*, levure qui synthétise la fraction thiazole de la vitamine B_1, il est possible, comme nous l'avons montré avec M. Magrou, de provoquer, à la limite des deux organismes associés, une production normale de corémies chez le *Sphærocybe concentrica.* Dans ce cas, la levure fournit au *Sphærocybe* le thiazole qui est exigé par celui-ci pour la production de ses appareils conidiens (2).

D'autre part, MM. Lilly et Barnett (3) ont reconnu le rôle de facteur accessoire de croissance que semblent jouer l'aneurine ou la pyrimidine dans le développement du mycélium et la production de périthèces chez une Sphæriale, *Sordaria fimicola*, le facteur essentiel, pour ces auteurs, dans les conditions de leurs expériences, étant la biotine.

Nous inspirant de ces divers travaux, nous avons cherché à connaître l'interaction de *Sphærocybe concentrica* et de *Sordaria fimicola* cultivés en association sur un milieu synthétique exempt de vitamines. Précisons que la souche de *Sordaria fimicola* (Rabenh.). Ces. et de Not. que nous avons reçue de Baarn (Hollande) en janvier 1949 est conservée au laboratoire sur un milieu synthétique gélosé ne contenant comme seule vitamine que de l'aneurine à la concentration de 10^{-6}, et que ce champignon produit sur ce milieu des périthèces nombreux renfermant des asques et des ascospores mûrs.

Nous avons adopté le milieu de culture suivant, réparti dans des boîtes de Petri de 8^{cm} de diamètre : SO_4Mg, $7 H_2O$: $0^g,5$; SO_4Na_2, $10 H_2O$: $0^g,5$; NO_3K : $0^g,5$; tartrate neutre de K : $0^g,5$; PO_4KH_2 : $0^g,5$; $CaCl_2$: $0^g,5$; $FeCl_3$: traces ; glucose pur anhydre : 15^g ; gélose lavée : 15^g ; eau bidistillée dans le pyrex : 1000^g. Le pH de ce milieu est d'environ 5,5. Les deux organismes sont ensemencés sur ce milieu en deux lignes distantes d'environ 2^{cm}. Un certain nombre de boîtes de Pétri témoins ne sont ensemencées qu'avec un seul des deux champignons,

(1) *Bull. Soc. Mycol. de France*, 61, 1945, p. 5.
(2) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 981.
(3) *Amer. Journ. Bot.*, 34, 1947, p. 131.

L'ensemencement se fait avec une suspension de chacun des champignons, maintenue 12 heures à l'étuve à 23°C.

Dans toutes les boîtes où les champignons sont en présence, le mycélium de *Sphærocybe*, lorsqu'il arrive au contact du *Sordaria*, devient duveteux, laissant bientôt apparaître les corémies typiques qui se développent alors selon le mode ordinaire. Pendant ce temps, le *Sordaria* pousse abondamment en un mycélium qui se pigmente fortement en noir au contact et au voisinage immédiat du *Sphærocybe*. On observe également, en dehors de la zone de contact, la formation de points noirs qui semblent être des ébauches de périthèces. Dans une seule boîte de Petri il y a eu formation de périthèces contenant des asques et des ascopores mûrs. Dans les boîtes témoins où le *Sphærocybe* est cultivé seul, le mycélium se développe abondamment, donnant un thalle à surface brune, mais les corémies font toujours totalement défaut. Dans les boîtes témoins où le *Sordaria* est cultivé seul, le champignon fait preuve d'une très faible croissance en développant lentement un mycélium peu abondant, jamais pigmenté. Même après 60 jours de culture on n'observe pas la formation de points noirs.

Il y a donc sans aucun doute bénéfice réciproque dans l'association de ces deux champignons. La pyrimidine que synthétise le *Sphærocybe concentrica*, en plus d'une action favorisante très nette sur la croissance et la pigmentation de *Sordaria*, paraît dans certains cas agir sur la formation des fructifications parfaites de ce champignon. Cette action morphogène est fonction, comme l'ont montré Lilly et Barnett, de nombreux autres facteurs (vitamines, pH, etc.) et elle semble limitée ici par l'absence d'un ou plusieurs de ces facteurs. Le *Sphærocybe concentrica* tire de cette culture symbiotique les facteurs qui sont indispensables à la formation de ses appareils conidiens, soit que le *Sordaria* fournisse la molécule entière d'aneurine, soit que ce champignon synthétise le thiazole dont bénéficie le *Sphærocybe* pour reconstituer, à son profit, la molécule de vitamine B_1.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Titanifluorures d'alcaloïdes*. Note de MM. **Maurice-Marie Janot** et **Marcel Chaigneau**, présentée par M. Paul Lebeau.

En 1908, Schaeffer ([1]) a décrit quelques combinaisons de l'acide TiF_6H_2 avec des alcaloïdes, mais les formules qu'il en a données étant très différentes de celles que nous avons récemment établies ([2]) pour SiF_6H_2; ZrF_6H_2 et $NbOF_5H_2$, il nous a paru intéressant de vérifier si par notre mode opératoire habituel, qui diffère d'ailleurs de celui de Schaeffer, nous serions conduits à retrouver les mêmes produits.

Alors que Schaeffer fait agir une solution fluorhydrique d'hydroxyde de titane sur une solution alcoolique de l'alcaloïde et isole la combinaison formée

([1]) *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 30, 1908, p. 1862–1865.

([2]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 982-983 et 1402-1403; **228**, 1949, p. 1152-1154.

par extraction alcoolique après concentration; nous opérons ainsi : action d'une solution aqueuse de titanihexafluorure de potassium TiF_6K_2 sur une solution aqueuse de chlorure ou de sulfate de l'alcaloïde et par concentration à froid, le titanifluorure cristallise.

Les résultats analytiques sont rassemblés dans les tableaux suivants :

	Formule (*).	Trouvé			
		OH_2.	Ti.	F.	B (**).
Quinine $C_{20}H_{24}N_2O_2$........	$A(B)_2$, 5 OH_2	9,96	5,33	12,52	71,13
Quinidine $C_{20}H_{24}N_2O_2$......	$A(B)_2$, 2 OH_2	4,04	5,88	13,51	76,60
Cinchonine $C_{19}H_{22}N_2O$......	$A(B)_2$, OH_2	2,49	6,18	15,06	75,89
Cinchonidine $C_{19}H_{22}N_2O$....	$A(B)_2$, 2 OH_2	4,61	6,06	14,32	74,82
Strychnine $C_{21}H_{22}N_2O_2$.....	$A(B)_2$, 3 OH_2	6,13	5,35	12,98	74,77
Brucine $C_{23}H_{26}N_2O_4$........	$A(B)_2$, 6 OH_2	9,79	4,62	11,06	74,30
Morphine $C_{17}H_{19}NO_3$.......	$A(B)_2$, OH_2	2,32	6,45	15,21	75,08
Codéine $C_{18}H_{21}NO_3$.........	$A(B)_2$	0	6,35	15,10	77,89
Narcotine $C_{22}H_{23}NO_7$.......	$A(B)_2$	0	4,90	11,30	82,97
Thébaïne $C_{19}H_{21}NO_3$........	$A(B)_2$, 5 OH_2	10,38	5,51	13,26	70,69
Corynanthine $C_{21}H_{26}N_2O_3$...	$A(B)_2$, 4 OH_2	7,72	5,01	11,91	74,43
Corynanthéine $C_{22}H_{26}N_2O_3$...	$A(B)_2$, OH_2	2,05	5,28	12,34	79,67

(*) $A = TiF_6H_2$; (**) B = alcaloïde.

	Calculé %				
	OH_2.	Ti.	F.	B.	$[\alpha]_D^{20°}$ (*).
Quinine..............	9,97	5,31	12,63	71,87	−150
Quinidine............	4,24	5,65	13,43	76,47	+170
Cinchonine...........	2,34	6,22	14,80	76,38	+165
Cinchonidine.........	4,57	6,07	14,46	74,65	−142
Strychnine...........	6,09	5,40	12,86	75,43	− 33
Brucine..............	9,68	4,54	10,81	74,78	− 31
Morphine.............	2,40	6,36	15,12	75,85	−104
Codéine..............	0	6,28	14,94	78,52	−105
Narcotine............	0	4,84	11,51	83,45	+ 42
Thébaïne.............	10,27	5,46	13,01	71,03	−145
Corynanthine.........	7,62	5,07	12,06	75,06	− 77
Corynanthéine........	1,97	5,23	12,46	80,12	+ 14

(*) En solution aqueuse à une concentration voisine soit de 0,5 %, soit de 0,2 %.

Le titane a été dosé à l'état d'oxyde O_2Ti; le fluor à l'état de fluorure de calcium F_2Ca et l'alcaloïde par pesée, après déplacement par l'ammoniaque ou la soude normale et extraction par un solvant organique. La perte de poids du titanifluorure soit à l'étuve à 100-105°, soit dans le vide à froid en présence de O_5P_2 représente l'eau

Les titanifluorures sont tous parfaitement cristallisés et peuvent servir à l'identification microcristalline des alcaloïdes.

En utilisant la notation précédente, les combinaisons décrites par Schæffer pour la quinine, la quinidine, la cinchonine et la cinchonidine seraient respectivement : $(A)_2B$, $2OH_2$; AB, $4OH_2$; AB et AB, $2OH_2$, donc différentes de celles ici rapportées; la même discordance se retrouve pour celles de brucine, morphine, narcotine, codéine. Quant au titanifluorure de strychnine, s'il possède une formule identique à celui que nous avons préparé, c'est parce qu'il a été isolé en mélangeant une solution fluorhydrique de strychnine avec une solution d'acide fluotitanique dans la proportion de deux pour un.

Les titanihexafluorures d'alcaloïdes que nous avons obtenus sont tous du type TiF_6H_2 (alcaloïde)$_2$, $n\,OH_2$, sauf ceux de narcotine et de codéine qui cristallisent anhydres. Cette formule générale est en accord avec celles des silicifluorures, zirconifluorures et niobioxyfluorures correspondants.

PHYSIOLOGIE. — *Le rôle de l'innervation réciproque dans le mouvement volontaire*. Note (*) de MM. **Jean Darroquy**, **Lucien Lauru** et **Louis-Camille Soula**, transmise par M. Léon Binet.

Nous nous sommes proposé de définir et de mesurer les efforts développés au sol, au cours du mouvement volontaire.

Dans ce dessein, nous avons examiné un sujet placé sur une plate-forme à quartz piézo-électrique, réalisée par M. Lauru. Cette plate-forme est munie de trois cellules à quartz; les variations électriques sont inscrites à l'aide d'un oscillographe cathodique à dispositif d'enregistrement photographique Mauzin.

Nous avons étudié un mouvement simple : la flexion du tronc en avant avec arrêt en flexion, ainsi que le mouvement inverse du redressement.

Au cours d'un mouvement volontaire, lorsque le sujet opère une flexion du tronc et s'arrête en flexion, on observe un déplacement du spot de l'oscillographe cathodique qui décrit une courbe diphasique, d'aspect très grossièrement sinusoïdal.

L'appareil, n'ayant aucune inertie et isolé de tout phénomène parasite, enregistre, dans le temps, les modifications positives ou négatives de la pression exercée sur la plaque par le poids du corps.

Les déplacements enregistrés pendant l'exécution d'un mouvement traduisent donc les différentes pressions exercées par le sujet sur la plaque, au cours de ce mouvement. Ces différences de pression sont dues aux déplacements des masses corporelles du sujet sous l'effet des forces nécessaires à l'exécution d'un mouvement volontaire.

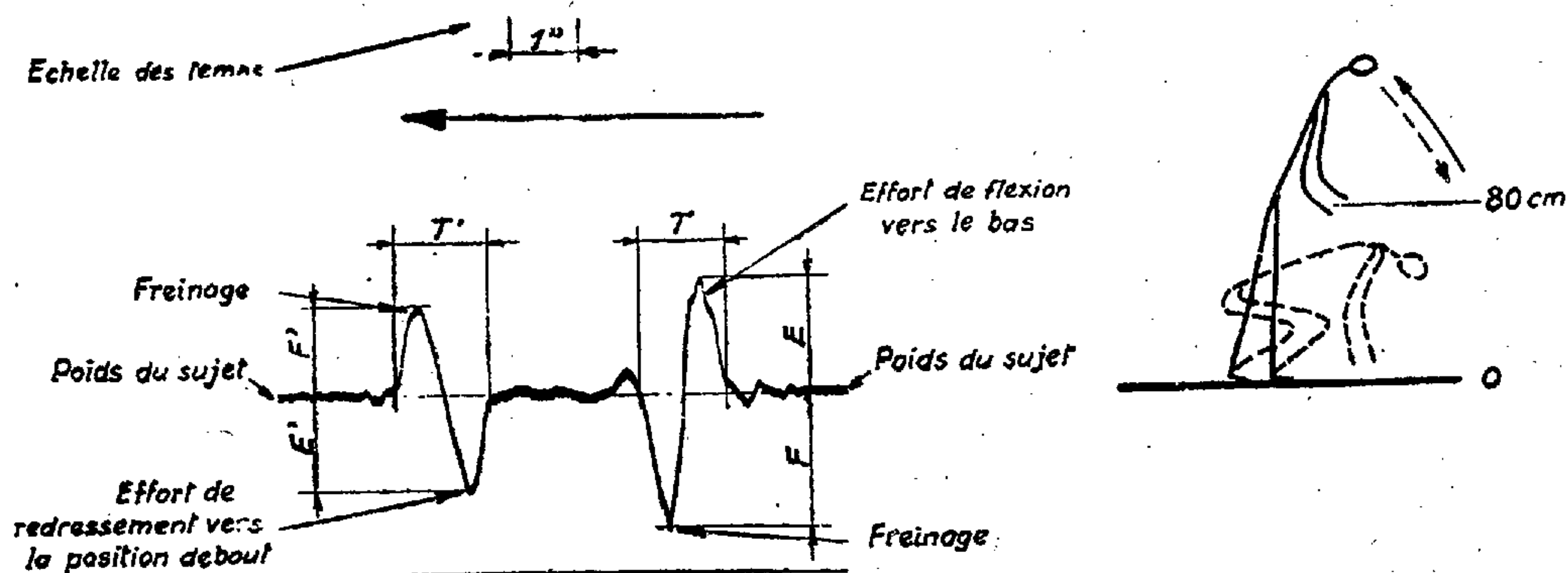
La forme diphasique de la courbe expérimentale indique que les efforts musculaires, intervenant dans la mobilisation des segments du corps pour

(*) Séance du 27 juin 1949.

exécuter un mouvement de flexion, exercent sur la pression du corps au sol, une influence dans les deux sens opposés successivement pour accroître et pour alléger cette pression.

Les faits sont les mêmes, mais dans un ordre inverse dans le cas du redressement.

Le mouvement volontaire est déclenché par la représentation d'un résultat utile à atteindre. Cette représentation joue le rôle d'un excitant psychique qui



Enregistrement du mouvement volontaire de flexion et de redressement.
EE', efforts moteurs; FF', freinages; TT', temps.

déclenche une série d'actes réflexes, c'est-à-dire d'actes moteurs mobilisant les articles du corps, qui se succèdent suivant un plan de coordination (pattern des auteurs anglais) adapté à la sollicitation psychique.

Le mouvement volontaire déclenché par une représentation mentale prend fin avec la réalisation de cette représentation. Tout se passe comme si la réaction d'arrêt était contenue dans l'excitation motrice.

De même que l'excitation psychique déclenche la succession des actes moteurs dont l'enchaînement constituera le mouvement volontaire, elle assure un contrôle de chacun de ces mouvements qui adapte le complexe moteur à la réalisation du résultat final.

Ce contrôle moteur qui évoque à l'esprit la notion de freinage, assurant la conformité du geste à l'intention, est mise en évidence expérimentalement par la deuxième partie de notre courbe dans laquelle les pressions transmises au sol par l'exercice du mouvement volontaire se trouvent inversées. Ceci implique une intervention active des antagonistes dans la phase terminale du mouvement volontaire.

Notre analyse du mouvement volontaire semble devoir apporter un éclaircissement sur le sens d'une composante de réflexe élémentaire, découverte par Sherrington, le *Rebound ou choc en retour* demeurée sans explication (¹).

(¹) Samson Wright, *Applied physiology*, Londres, 7ᵉ édition, p. 47.

Dans le réflexe élémentaire, en effet, l'inhibition des antagonistes, synchrone de la contraction des muscles actifs, est suivie d'une contraction des muscles antagonistes, qui, survenant sur la fin de la contraction des muscles actifs, ne peut avoir pour effet, dans les conditions de fonctionnement normal, que de limiter leur action.

L'intégration d'une tendance frénatrice à la réaction motrice que nos graphiques font apparaître par l'inversion des efforts au sol au cours d'un mouvement volontaire simple, est de nature à éclairer la signification physiologique du phénomène de *rebound*. Cette force de freinage qui limite le mouvement volontaire à l'exécution du geste voulu, ne peut tirer son origine que des forces déclenchées simultanément dans les muscles antagonistes et qui se manifestent dans la phase terminale de l'innervation réciproque.

Notre analyse retrouve donc, dans le mouvement volontaire, toutes les caractéristiques du réflexe simple de Sherrington. L'acte moteur le plus complexe n'est constitué que par des mobilisations d'articles ostéo-musculaires mis en jeu par des actions réflexes; et notre étude globale d'un mouvement volontaire, en apportant la précision de l'inscription graphique et de la mesure à la connaissance des forces mécaniques qui limitent l'étendue et la durée du mouvement volontaire, apporte la possibilité d'une interprétation complète du rôle des antagonistes dans la fonction motrice.

Le phénomène d'innervation réciproque découvert par Sherrington comporte deux phases, une première de facilitation du mouvement, une deuxième de limitation du même mouvement : le rebound.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Excitation par la lumière d'un très petit territoire rétinien isolé, sans sommation, fatigue, ni brouillage. Mesure des chronaxies rétiniennes pour l'excitant lumineux.* Note de M. **Émile Haas**, présentée par M. Louis Lapicque.

La technique des spectres consécutifs, telle que je l'ai décrite dans une précédente Note ([1]), permet d'étudier une variété d'images subjectives dont l'analyse exigeait qu'elles fussent provoquées à l'état pur.

En effet, le fonctionnement de la rétine est essentiellement fait des différences instantanées d'état entre ses territoires élémentaires; sa physiologie est donc une physiologie d'éléments et même de cellules avant d'être une physiologie d'associations, de synergies et d'interactions. A cet égard, les conditions expérimentales doivent tendre à isoler chaque territoire élémentaire dans le temps et dans l'espace.

Pour un observateur placé à deux mètres de la source, les phénomènes du

---

([1]) E. Haas, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 710.

plan de la source sont réduits, sur la rétine, au 1:100 à peu près de leurs dimensions. La trajectoire de $1^m,50$ décrite en 1″ par la source devient une trajectoire rétinienne de 15000^μ, couvrant la section droite, égale en moyenne à 5^μ, de 3000 cônes ou bâtonnets. Dans ces conditions, et avec une source bien ramassée, la durée de l'excitation d'un cône ou d'un bâtonnet est 1″:3000. Pratiquement, un choix convenable du filament et de la vitesse réalise cette condition, et même de plus délicates, d'aussi près que l'on voudra. Enfin la forme d'épicycloïdes déformées par le glissement, que j'ai choisie pour le mouvement, interdit deux excitations du même élément, sinon au titre d'accident infiniment improbable.

Chaque élément est donc pris dans le meilleur état d'adaptation, et la brève durée de l'excitation réduit au minimum la sommation d'énergie nécessaire pour vaincre l'inertie de la cellule sensorielle. Il est intéressant de rappeler ici que, d'après les mesures faites par Brücke, par Broca et Sulzer, et par moi-même (²), le maximum de la sensation n'a lieu qu'au bout d'un temps plusieurs dizaines de fois supérieur, pour le moins, à celui qui suffit à la production des images positives.

On remarquera que le même mouvement, qui interdit la *sommation* excessive *des impressions*, phénomènes rétiniens quasi physiques, résultant du conflit de l'énergie extérieure avec la cellule sensorielle, favorise au contraire la *sommation des perceptions* élémentaires, phénomènes nerveux et mentaux, états de conscience qui parachèvent la chaîne de la sensation. En effet, une source même très brillante, mais immobile, démasquée par un obturateur pendant 1″:3000, ne donne lieu qu'à une perception fugace, généralement oubliée aussitôt, inutilisable toujours. Le mouvement, au contraire, en juxtaposant les projections de perceptions analogues, détermine un tracé continu qui élimine l'inertie de l'attention et de la mémoire, et permet de comparer, dans le même moment, des états de conscience qui, sous le mode successif, n'auraient laissé la possibilité d'aucune analyse efficace.

Ces considérations m'ont directement mené à appliquer la même méthode à la mesure des chronaxies rétiniennes. Dans ce cas, au lieu d'une source brillante, on emploie une petite plage diffusante, éclairée par une lampe dissimulée à l'observateur. Au commencement de la mesure, cette plage est immobile; c'est alors que l'on doit déterminer la brillance liminaire, à laquelle est proportionnée le flux liminaire. Brillance ou flux liminaire sont, en l'espèce, homologues de la rhéobase, et méritent ici les noms de brillance ou flux de base. Ensuite on double le flux de base en approchant la lampe de la plage, ce qui ne change pas la couleur de la lumière. Une graduation évite tout calcul.

Le mouvement étant alors donné à la plage, on recherche la vitesse limite

---

(²) E. Haas, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 188.

pour laquelle subsiste encore la perception d'un tracé continu. Pour une vitesse supérieure, on ne voit plus rien. Il ne reste qu'à lire la chronaxie : elle figure, à côté de la vitesse, sur le cadran d'un indicateur approprié. Graduation et indicateur peuvent être consultés par l'opérateur, sans lumière apparente pour le sujet.

Le diamètre de la plage est 3^{mm}, correspondant, d'après Ferree et Rand, au diamètre apparent maximum au-dessus duquel le calcul du flux devrait tenir compte de l'aire de la plage. La mesure est faite dans une chambre obscure, après une adaptation de durée appropriée à l'usage qu'on veut faire de cette mesure. On a choisi la distance de 1^{m}, pour l'observation, pour éviter la perte de temps que nécessite toujours la recherche, dans un espace obscur, d'une faible lueur tant soit peu éloignée, et l'erreur qui en aurait résulté.

Les chronaxies locales exigent le jalonnage par feu rouge très fin et assez brillant, ou par l'image négative d'une croix pointillée, dont j'ai jadis proposé l'emploi ([3]). Ces procédés n'agissent pas sur l'adaptation.

Les chronaxies ainsi mesurées sont de l'ordre de $1'':1000$, comme celles déterminées par l'excitant électrique pour les nerfs moteurs rapides. Les variations de leurs limites à l'état normal peuvent être fixées par des séries de mesures que les dispositions décrites permettent de faire avec sécurité.

PROTISTOLOGIE. — *Étude de la durée de conjugaison chez l'*Urceolaria patellæ *(Cuénot)*. Note de M. **Jean Brouardel**, présentée par M. Louis Fage.

Nous avons précédemment décrit ([1]) les principaux stades de la conjugaison et leur enchaînement chez l'*Urceolaria patellæ* (Cuénot). Infusoire péritriche commensal des Patelles sur la branchie desquelles il se trouve localisé. Essentiellement, après accolement des gamètes il y a formation d'un pronucleus dans chacun de ceux-ci, passage des éléments du microgamète dans le macrogamète, copulation des pronuclei et formation de l'amphicaryon. Celui-ci subit trois mitoses successives et l'un des huit noyaux ainsi formés reconstitue le micronucleus, les sept autres le macronucleus. Cette évolution a été divisée arbitrairement en cinq stades pour permettre les études statistiques.

Méthode. — La rareté de la conjugaison, son caractère épidémique et saisonnier, la nécessité d'isoler de leur milieu les individus, l'impossibilité d'observer les aspects nucléaires sur les infusoires vivants interdisent sur ceux-ci toute évaluation précise de la durée du phénomène. Il fallait donc s'adresser à une méthode statistique permettant d'évaluer le facteur temps alors qu'on ne disposait que d'observations portant sur des individus fixés.

([3]) E. Haas, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1878.

([1]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 818.

Nous avons exécuté des frottis à différentes époques s'échelonnant sur plusieurs années. Le nombre des Protistes fixés, le nombre de conjugaisons et la proportion de chacun des stades ont été observés sur ces frottis qui représentent au total 1 835 000 individus dont 6477 aux divers stades de conjugaison.

L'exploitation des résultats chiffrés ainsi obtenus nous permet de remettre en cause le facteur temps de la façon suivante : si l'on prend l'ensemble des résultats sur une année, ce qui élimine les variations périodiques des divers facteurs, le nombre total d'individus observés à chacun des divers stades de conjugaison est statistiquement proportionnel à la durée relative de ces stades. Sans entrer dans les détails, nous avons pu procéder à plusieurs évaluations de ces durées relatives et avons trouvé, en particulier, que le dernier stade (correspondant à la reconstitution de l'appareil nucléaire définitif) est un peu supérieur aux trois quarts de la durée totale du phénomène.

Il restait à évaluer la durée absolue de la conjugaison. Or le nombre relatif d'individus observés à un certain stade, à une certaine date, est proportionnel d'une part à la durée de ce stade, d'autre part, à la proportion d'individus qui sont entrés en conjugaison lors d'une époque antérieure. Le décalage entre cette époque où la conjugaison a débuté et la date d'observation est lui-même proportionnel à la durée totale du phénomène, le coefficient de proportionnalité étant connu puisque nous connaissons la durée relative des divers stades.

Appelons $f(t)$ le nombre de conjugaisons qui débutent pour 1 000 individus le jour t, la durée des stades successifs étant $K_1T, K_2T, \ldots K_5T$, où T est la durée totale inconnue et $K_1, K_2, \ldots K_5$ les coefficients numériques résultant de notre premier calcul. Si par exemple la proportion des stades 3 observés est n_3 à l'époque t_0, n_3 sera proportionnel à

$$K_3 f\left(t_0 - K_1T - K_2T - \frac{K_3}{2}T\right).$$

En effet, les individus arrivés au stade 3 à la date t_0 sont entrés en conjugaison entre les époques $t_0 - K_1T - K_2T$ et $t_0 - K_1T - K_2T - K_3T$.

Les observations des divers stades à la date donnée t_0 fournissent alors un certain nombre de valeurs de $f(t)$ qui permettent de tracer une courbe dont l'unité d'abscisse T est précisément notre inconnue.

Nos observations nous ont donc permis d'obtenir toute une série de ces courbes échelonnées. En les faisant glisser les unes sur les autres nous avons alors constaté qu'une superposition graphique satisfaisante était réalisable, moyennant un décalage des courbes correspondant à une valeur uniforme de T.

Sans entrer dans les détails statistiques et recoupements divers effectués, nous sommes arrivé aux résultats suivants :

Résultats. — 1° La durée totale du phénomène de conjugaison, depuis l'accolement des gamètes jusqu'à la fin de la reconstitution de l'appareil nucléaire définitif, est de l'ordre de quatre mois. Cette durée exceptionnellement longue

est due en partie au temps qui s'écoule entre chacune des mitoses successives, mais surtout à l'extrême lenteur d'évolution des sept noyaux qui reconstituent le macronucleus et qui dure trois mois à elle seule.

2° La conjugaison est extrêmement rare pendant la majeure partie de l'année (1 à 2 conjugaisons débutent en moyenne pour 100 000 individus par jour) mais présente un caractère épidémique saisonnier (printemps et fin d'été); le nombre des conjugaisons qui débutent par jour atteint alors un maximum de l'ordre de 5 pour 10 000 individus.

GÉNÉTIQUE. — *Recherches sur l'homogamie dans les unions entre formes de* Cepæa nemoralis. Note de M. **Maxime Lamotte**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les problèmes de structure génétique des populations ont fait l'objet, depuis quelques années, de nombreuses recherches théoriques (J. B. S. Haldane, S. Wright, R. A. Fisher, G. Malécot), mais les études expérimentales de populations naturelles sont restées plus rares, par suite surtout des difficultés pratiques qu'elles présentent. L'Escargot des bois (*Cepæa nemoralis* L.), espèce polymorphique, où coexistent, dans une même colonie, des individus pourvus et dépourvus de bandes, à coquille jaune ou rose, constituent dans ce domaine un matériel de choix. *Affichant*, en quelque sorte, plusieurs de ses gènes sur sa coquille, cette espèce permet notamment d'aborder, de façon relativement simple, le problème de l'homogamie.

Une importante colonie de *C. n.*, vivant dans des prés humides près de Coquerel (Somme), a été étudiée dans ce but; son effectif, estimé par la méthode des marquages et recaptures, dépasse 10 000 individus adultes. La composition de la population en ses principales formes est donnée par le tableau I.

Tableau I.

Composition de la colonie de Coquerel (Somme).

	00000 (sans bandes).	00300 (1 bande).	00345 (3 bandes).	12345 (5 bandes).	Totaux.
Jaunes	0,445	0,105	0,049	0,222	0,821
Roses	0,060	0,027	0,006	0,086	0,179
Totaux	0,505	0,132	0,055	0,308	1

Au cours de la période des accouplements d'avril 1949, 329 couples, représentant 658 individus, ont pu être étudiés dans cette population, et le tableau II indique, dans la troisième colonne, les fréquences observées pour les divers types d'unions.

S'il n'y a pas homogamie, c'est-à-dire si les accouplements se font au hasard,

indépendamment du type auquel appartient chacun des conjoints, il est facile de calculer les proportions théoriques des unions entre les diverses formes lorsqu'on connaît les proportions de ces formes dans la colonie. Si p_a et p_b sont les proportions de deux formes a et b, leur probabilité d'union sera en effet $2p_a \times p_b$, et la probabilité d'union de deux individus semblables a sera p_a^2.

Le tableau II indique, à côté des fréquences observées, les nombres théoriques auxquels on doit ainsi s'attendre pour les unions de 658 individus, constituant 329 couples, dans le cas où il n'y a pas homogamie et où les proportions sont celles indiquées précédemment au tableau I.

TABLEAU II.

Fréquences des divers types de couples.

Couples.	Fréquences théoriques *en l'absence d'homogamie.*		Fréquences observées.	
00000 × 00000......	0,505 × 0,505 × 329 = 83,8		85	
00000 × 00300......	0,505 × 0,132 × 658 = 43,9	164,5	43	164
00000 × 00345......	0,505 × 0,055 × 658 = 18,2		21	
00000 × 12345......	0,505 × 0,308 × 658 = 102,4		100	
00300 × 00300......	0,132 × 0,132 × 329 = 5,7	80,7	5	80
00300 × 00345......	0,132 × 0,055 × 658 = 4,8		2	
00300 × 12345......	0,132 × 0,308 × 658 = 26,8		32	
00345 × 00345......	0,055 × 0,055 × 329 = 1,0		1	
00345 × 12345......	0,055 × 0,308 × 658 = 11,1		11	
12345 × 12345......	0,308 × 0,308 × 329 = 31,3		29	
J × J..............	0,821 × 0,821 × 329 = 221,6		221	
J × R.............	0,821 × 0,179 × 658 = 96,8		99	
R × R.............	0,179 × 0,179 × 329 = 10,6		9	

On remarque immédiatement l'accord très satisfaisant qui existe entre les deux séries de valeurs théoriques et observées, accord que confirment les tests statistiques. Les unions entre les diverses formes, différant par le système de bandes et par la coloration, se font donc au hasard, c'est-à-dire *sans aucune homogamie* (¹). Cette étude montre que les populations de *C. nemoralis*, à la seule condition qu'elles n'occupent pas une surface trop étendue, constituent des *unités panmictiques*, où, par conséquent, les proportions géniques seront données par la loi de Hardy.

(¹) Ce résultat peut paraître contraire aux affirmations de certains auteurs, et notamment du Dr Gain, pour lequel *individuals kept in confinement evinced a marked preference for mating with others of similar color and markings to themselves.* Mais aucun dénombrement précis n'est cité et l'on peut se demander si cette affirmation ne provient pas de ce que, à l'exception des cas où les deux variétés considérées sont exactement en proportions égales; il y a normalement, même en l'absence de toute homogamie, *davantage* d'unions entre individus semblables, puisque $p_a^2 + p_b^2$ est toujours supérieur à $2p_ap_b$.

BIOLOGIE. — *Détection de l'hormone gonadotrope par le spectrographe.* Note (*) de M. **Marcel Verain**, transmise par M. Robert Courrier.

Le travail dont nous donnons les résultats dans cette Note avait été entrepris bien avant la guerre. Ce n'est donc pas le manque d'animaux qui nous avait incité à chercher une nouvelle technique de détection de l'hormone gonadotrope. Nous avons tenté de remplacer la réponse de l'animal par un test purement physique, pensant que le résultat serait plus précis et non soumis à des variations physiologiques de la part de l'animal.

L'appareillage dont nous nous sommes servi est un spectrographe de Hilger avec optique de quartz. Pour obtenir directement le coefficient d'extinction, c'est-à-dire $\log I_0/I$, nous avons adapté devant notre spectrographe un spectrophotomètre de Spekker ([1]). En joignant les points à égalité de noircissement dans les spectres de la solution et du solvant, on peut déterminer, soit une courbe d'absorption, soit une zone d'absorption.

Nous avons commencé par faire des spectres d'hormone gonadotrope que l'on trouve dans le commerce au point de vue thérapeutique. Ces hormones n'étant pas très pures, nous avons dû les purifier. Nous avons constaté que ces hormones gonadotropes ne donnaient pas une courbe d'absorption avec maximum et minimum, mais une zone d'absorption. Nous avons pu vérifier ce phénomène grâce à de l'hormone gonadotrope très pure qui nous avait été donnée par M. le Professeur Courrier. On peut donc nous reprocher de ne pas caractériser par des constantes spectrographiques l'hormone gonadotrope; mais il ne faut pas oublier que la Chimie ne nous a pas encore donné la formule de celle-ci.

Nous avons extrait l'hormone des urines de femmes enceintes par des précipitations par l'alcool. Le précipité étant purifié par des précipitations d'abord en milieu basique, puis en milieu acide. Tous les premiers clichés ayant été détruits au cours de cette guerre, nous avons dû recommencer tout notre travail, mais dans de mauvaises conditions, surtout au point de vue matériel photographique. Les grandes plaques était introuvables, nous avons dû nous contenter de films dont la qualité est loin de valoir celle des plaques.

L'alcool se faisant de plus en plus rare, nous avons cherché à l'économiser en adsorbant l'hormone sur de l'acide benzoïque. Le procédé a l'inconvénient d'exiger une purification très poussée du produit à spectrographier, car des

---

(*) Séance du 27 juin 1949.

([1]) F. Twyman, *Trans. Opt. Soc.*, 32, 1906-31; F. Twyman, *The Practice of Absorption Spectrophotometry with Hilger Instruments*, Londres, 1932; G.-F. Lothian, *Absorption Spectrophotometry*, Londres, 1949, p. 116-117.

traces d'acide benzoïque donnent des zones d'absorption qui viennent gêner l'interprétation.

Nous avons donc cherché à tirer profit de cette zone d'absorption pour faire la détection de l'hormone gonadotrope, et en particulier pour en faire un test de grossesse. Le dosage précis de cette hormone fera l'objet d'un autre travail.

Les conditions d'expériences sont les suivantes : On part de 100^{cm^3} d'urines recueillies le matin au réveil, après avoir supprimé les liquides. Le produit d'extraction est dissous dans 2^{cm^3} d'eau distillée, et mis dans une cuve de 2^{cm} d'épaisseur.

Si l'on observe les spectres qui correspondent au coefficient d'extinction $\log I_0/I = 1,5$, trois cas peuvent se produire :

1° absorption entre 2000 et 2500 Å, correspondant à une urine renfermant 15000 U. I. au litre, c'est-à-dire le taux que l'on rencontre chez la femme enceinte dès le premier mois;

2° absorption entre 2000 et 3000 Å, qui correspond au chorioépithéliome;

3° enfin, aucune absorption, ce qui correspond à des urines de femmes non enceintes.

Pour éprouver notre technique, nous avons pris des cas typiques sans aucune contestation possible : femmes enceintes vers le troisième mois, urines de femmes certainement non enceintes 10 jours après leurs règles. Enfin, quelques urines d'hommes. Nous avons réuni, par la technique à l'alcool, 97 cas sur lesquels nous avons eu 7 erreurs, soit 7,21 % d'erreurs, qui se décomposent ainsi : 4 faussement positifs, et 3 faussement négatifs.

Nous pensons que ce pourcentage très élevé est dû surtout à ce que nous n'avons pas pu nous procurer de plaques et que nous avons dû travailler avec des films, et qu'au début nous ne poussions pas la purification assez loin.

Dans la seconde partie de notre statistique, nous avons fait l'adsorption de l'hormone sur l'acide benzoïque. Nous avons fait contrôler tous nos résultats par M. Bussard, de l'Institut Pasteur. Nous lui avons adressé pour essai sur l'animal la solution d'hormone gonadotrope que nous avions spectrographiée. En cas de désaccord entre l'animal et le spectrographe, nous avons demandé à la clinique de nous départager, n'acceptant que les réponses qui ne permettent aucune hésitation possible. Dans une autre Note, nous donnerons le résultat de cette confrontation de la spectrographie et de la méthode biologique.

Sur 121 cas, nous avons par notre procédé deux erreurs, soit 1,64 %. Sur ces deux cas, nous en avons eu un qui a donné un résultat négatif alors que l'animal était positif et que la femme était enceinte; nous avons refait cet examen 15 jours plus tard et l'avons trouvé positif. Le second cas est celui d'une femme ayant une lésion au niveau de la trompe droite. Nous l'avons trouvé positif, l'animal étant négatif. Après opération et enlèvement de la pièce opératoire, le test spectrographique était négatif, et cependant l'examen de la pièce ne montrait aucune trace de grossesse tubulaire.

Conclusion. — Ce ne sont là que les premiers résultats. Il semble bien que l'on puisse baser sur cette technique un procédé de détection de l'hormone gonadotrope et, par voie de conséquence, un test de grossesse.

BIOLOGIE. — *Inhibition de l'épitoquie par le prostomium chez les Néréidiens (Annélides polychètes).* Note de M. **Maurice Durchon**, présentée par M. Louis Fage.

Dans une Note précédente [1] j'ai signalé qu'en sectionnant en deux tronçons les Néréidiens : *Perinereis cultrifera* Grube et *Nereis irrorata* Malmgren, on obtenait une épitoquie prématurée des tronçons postérieurs, les antérieurs restant, par contre, à l'état atoque. Après avoir de nouveau vérifié ce fait, j'ai entrepris une nouvelle série d'expériences sur ces deux formes et sur *Perinereis marionii* Audouin et M. Edwards. L'évolution des deux premières espèces, à la maturité génitale, comporte la transformation de tous les segments postérieurs au 18e, tandis que chez *P. marionii* seule la région médiane devient épitoque.

Les présentes expériences ont été faites d'octobre à mars, sur des individus des deux sexes : 1° Sur des individus de trois ans, avant la période normale de maturation des gamètes ; 2° sur des individus de deux ans ; 3° sur des individus d'un an (sans produits sexuels dans le cœlome). Les résultats sont les mêmes pour les trois groupes considérés.

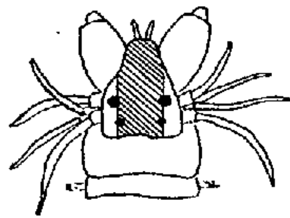


Fig. 1.

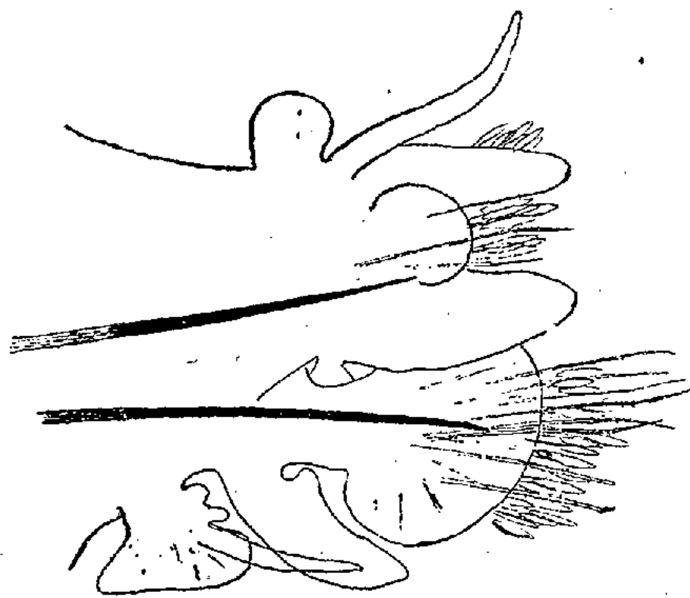


Fig. 2.

Fig. 1. — La région hachurée indique la zone d'ablation.

Fig. 2. — Trentième parapode de *Perinereis cultrifera*, quarante jours après l'ablation prostomiale.

Les animaux sont anesthésiés par séjour de trois heures environ dans une solution de chlorure de magnésium à 8 %. Les opérations sont faites sous la loupe binoculaire au grossissement 50, les animaux étant placés sur une plaque de verre stérile recouverte d'un papier-filtre stérilisé imbibé de la solution anesthésique. Je résèque à l'aide de ciseaux d'ophthalmologie la région médiane du prostomium dans toute sa longueur, en respectant

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 157.

toujours les palpes et autant que possible les yeux (*fig.* 1). Les animaux sont ensuite placés dans de petits bacs individuels. La mortalité post-opératoire est assez élevée (d'environ 35 % dans les deux semaines qui suivent).

Les survivants se montrent assez résistants et un mois et demi après l'opération, il y a encore 40 % de survivants *tous épitoques*. La transformation des individus opérés commence en moyenne un mois après l'intervention, par l'apparition de lamelles parapodiales bien nettes. Souvent elle est complète : chez 40 % des individus j'ai pu observer la présence de soies pélagiques (*fig.* 2).

Par contre, les témoins de même âge placés en même temps dans les mêmes conditions de milieu, ne subissent aucune transformation.

La suppression du prostomium entraîne donc l'apparition de l'épitoquie, indépendamment de toute maturation génitale. On peut penser que l'épitoquie est normalement retardée par une action inhibitrice de la région prostomiale, qui cesse au moment de la maturation génitale, sans que l'on puisse dire encore s'il y a simple concomitance entre ces deux phénomènes, ou relation de cause à effet.

D'autres expériences, en cours, permettront peut-être de résoudre cette question, de localiser aussi avec plus de précision le siège de l'action inhibitrice du prostomium.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Réactivation de la laccase inhibée par le cyanure de potassium.* Note de M. **Didier Bertrand**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Récemment Tissière (1), grâce à une technique voisine de celle utilisée par Kubowitz (2) pour la catéchol-oxydase, avait pensé démontrer que la laccase est une protéine cuprique. Dans un récipient spécial, il introduit dans une atmosphère d'azote 4^{cm^3} d'une préparation diastasique brute ou purifiée (Q_{O_2} de 18000), plus 1^{cm^3} d'un tampon de phosphates 0,5 M à pH 7^{mg},2 de pyrocatéchine et 3^{mg},2 d'acide ascorbique, puis 0^{cm^3},03-0^{cm^3},05 de cyanure de K,2 M (3^{mg},9 à 6^{mg},5) dans de la potasse 0,05 N. Après 30 minutes à la température du laboratoire on refroidit à 0°, précipite par du sulfate d'Am à saturation, lave avec une solution saturée de sulfate d'Am contenant 0,02 M de CNK. On dialyse le précipité redissous dans le minimum d'eau, 12 heures à 0° contre 3^l de tampon de phosphates 0,01 M à pH 7 puis 36 heures contre 3^l de tampon 0,005 M. La laccase ainsi traitée est presque complètement inactivée (environ 8 % d'activité résiduelle dans le seul exemple indiqué). L'addition de 0^{mg},0025 de Cu^{++} (sulfate) à une solution de C_{O_2} (3) primitif de 2150 [d'après le graphique,

(1) *Nature* Londres, **162**, 1948, p. 340

(2) *Biochem. Z.*, **299**, 1938, p. 32.

(3) Le C_{O_2} est l'équivalent du Q_{O_2} rapporté au volume de la solution diastasique.

aucun chiffre n'étant donné donc contenant primitivement $0^{mg},00018$ de Cu laccasique d'après Tissière ([4])], permet de retrouver 70 % de l'activité initiale. Comme ni le sulfate *ferrique*, ni le chlorure manganeux n'ont eu d'effet, Tissière considère sa proposition comme établie. Les expériences suivantes, faciles à réaliser, prouvent qu'il n'en est rien.

J'ai utilisé la laccase, soit « brute » ($Q_{O_2} = 231$)([5]), soit surtout purifiée ($Q_{O_2} = 21400$). Le C_{O_2} total, mis en expérience, a varié de 88000 à 120000, et le CNK, de 5 à 13^{mg}. Dans tous les cas, les résultats furent comparables. Le pourcentage d'activité résiduelle de l'oxydase ainsi traitée varie avec les proportions relatives de cyanure et peut être assez élevé, jusqu'à 43,6 %. Comme l'avait déjà constaté Tissière ([4]), ce traitement conduit à des dénaturations importantes qui ont varié de 18 à 68 % suivant les groupes d'expériences. On peut dialyser contre de l'eau bidistillée sous vide contenant moins de $0^{mg},002$ de cuivre par litre (3^{l} en tout), sans changer les résultats. Le contrôle spectrographique prouve que le Mn existant primitivement dans la préparation n'est pas enlevé dans cette préparation.

Quand on laisse dans un tube à essai la laccase ainsi désactivée, *sans y introduire de métal* (en particulier, certainement moins de $0^{mg},0001$ de Cu pour un C_{O_2} primitif de 60000), on constate que l'activité résiduelle croît lentement à 22° (36 à 48 heures), plus rapidement à 42° et surtout à 56°. Dans ces deux derniers cas, il se surajoute une dénaturation due à la chaleur, qui devient dominante après quelques heures. A 4°, il n'y a presque pas de variation. Aux erreurs de mesure près, le phénomène ne semble pas influencé par un courant d'air, l'obscurité ou la mise sous azote après avoir chassé les gaz dissous.

Quand on ajoute un métal (Cu, Ni, Fe, Pb, Ag, seuls essayés) (expériences faites exclusivement à 22°), aux phénomènes précédents, deux autres se surajoutent : une accélération de la réactivation et une inhibition. Avec le Pb (chlorure) et surtout l'Ag (nitrate), l'inhibition est dominante et seule observable. Avec le Ni (sulfate), il y a d'abord activation (0,0025 à $0^{mg},015$ pour un C_{O_2} primitif de 12000) ([6]), puis légère inhibition et finalement activation lente (24 à 36 heures). Avec le fer *ferreux* (sol. extemporanée dans de l'eau bidistillée sous vide et fraîchement bouillie) ($0^{mg},018$) et avec le Cu^{++} (sulfates) (0,0025 à $0^{mg},015$) l'activation est dominante.

Qu'il y ait addition ou non de Ni^{++}, Fe^{++}, ou Cu^{++}, le taux maximum de réactivation atteint est, à 22°, sensiblement le même (32 à 82 % suivant les groupes d'expériences) et n'est limité que par la dénaturation lors du traite-

---

([4]) *Nature*, Londres, 163, 1949, p. 480.

([5]) Au manomètre de Warburg, à 25°, pour 5^{mg} d'hydroquinone, tampon de phosphates M/15 de pH 6,35. Volume total de liquide $2^{cm^3},4$. Quantité de diastase telle que l'absorption d'oxygène soit comprise entre 300 et $600^{mm^3}/h$.

([6]) Par suite de la toxicité du Ni il est inutile de dépasser ces proportions.

ment de désactivation. Avec le Fe^{++} ou le Cu^{++} ce taux peut être atteint en moins d'une heure avec des quantités suffisantes et presques équivalentes.

Conclusion. — La réactivation de la laccase désactivée par le cyanure de potassium en milieu réducteur et à l'abri de l'oxygène, est un phénomène non spécifique. Il ne peut absolument pas servir à démontrer que le cuivre joue un rôle de co-laccase.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Différence d'activité amylasique de la glande sous-maxillaire des Souris mâles et des Souris femelles; conditionnement de cette activité par les hormones androgènes.* Note de Mme **Jeanne Raynaud** et M. **Pierre Rebeyrotte**, présentée par M. Maurice Caullery.

Des recherches précédentes ([1]), ([2]) nous ont montré : 1° que l'activité amylasique de la salive des Souris mâles était environ deux fois plus élevée que celle de la salive des Souris femelles; 2° que l'injection d'une hormone androgène à la Souris femelle augmentait l'activité amylasique de sa salive; 3° que la castration des mâles entraînait une forte diminution de l'activité amylasique de leur salive.

Or, on sait que certaines formations glandulaires présentent un développement plus considérable dans la glande sous-maxillaire des Souris mâles que dans celle des femelles ([3]). L'existence de ce dimorphisme morphologique nous a amenés à rechercher si la glande sous-maxillaire ne serait pas à l'origine des différences physiologiques sexuelles de la salive. Nous avons donc effectué des dosages de l'activité amylasique de la glande sous-maxillaire elle-même, dans les deux sexes. D'autre part, sachant que le type morphologique mâle de la glande sous-maxillaire, est régi par les hormones androgènes ([3]), nous avons recherché quelle était l'activité amylasique des sous-maxillaires de mâles castrés et de femelles ayant reçu des injections de testostérone.

Conditions expérimentales. — Pour chaque dosage, nous prélevons les sous-maxillaires de quatre catégories d'animaux : mâles normaux, femelles normales, mâles castrés depuis au moins trois mois, femelles ayant reçu des injections de propionate de testostérone à raison de 6^{mg} par semaine, depuis un temps variable (les doses totales injectées s'échelonnent entre 40 et 78^{mg}). Pour chaque animal, les glandes sont pesées, puis broyées dans de l'eau physiologique, à raison de 5 parties d'eau physiologique pour 1 partie de substance. Le broyat est centrifugé et c'est sur le liquide surnageant qu'est effectué le

---

([1]) J. Raynaud et P. Rebeyrotte, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 433.

([2]) J. Raynaud et P. Rebeyrotte, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1061.

([3]) A. Lacassagne, *C. R. Soc. Biol.*, **133**, 1940, p. 180, 227 et 359.

dosage ([4]). Celui-ci est fait par la méthode de Hagedorn-Jensen, qui avait déjà été utilisée pour la salive [*voir* ([1])] et qui consiste à mesurer les quantités de glucose libéré à partir d'empois d'amidon, par un poids donné de la substance étudiée. Dans chaque catégorie d'animaux, sept individus ont été étudiés.

Résultats obtenus. — Ils sont rapportés dans les tableaux I et II.

TABLEAU I.

Quantité de glucose libéré (mg) *par* 100^{mg} *de broyat de glande sous-maxillaire de :*

Mâles normaux.	Femelles normales.	Mâles castrés.	Femelles traitées par la testostérone.
0,850	0,210	0,250	0,885
0,920	0,345	0,310	0,810
0,872	0,501	0,415	0,885
0,900	0,425	0,570	1,326
0,925	0,530	0,530	0,803
1,308	0,530	0,550	0,900
1,437	0,480	0,510	0,830

TABLEAU II.

Quantité de glucose libéré (mg) *par la totalité des deux sous-maxillaires, rapportée à* 20^{g} *de poids du corps.*

Mâles normaux.	Femelles normales.	Mâles castrés.	Femelles traitées par la testostérone.
6,02	0,80	1,10	6,94
5,28	1,47	0,93	5,00
5,18	2,16	2,02	6,30
5,44	1,84	2,46	9,06
6,76	2,22	2,02	5,42
6,60	2,00	1,58	6,20
7,20	1,70	1,54	5,00

De la lecture de ces tableaux, il ressort : 1° que l'activité amylasique des glandes sous-maxillaires du mâle est plus élevée que celle des glandes sous-maxillaires de la femelle; le rapport d'activité de ces deux glandes qui est environ de *deux à un*, lorsqu'on étudie un même poids de substance, passe de *trois à un* lorsqu'on rapporte l'activité amylasique au poids total des deux sous-maxillaires (les glandes mâles pesant beaucoup plus que celles des femelles); 2° que la castration des mâles provoque une diminution de l'activité amylasique de leurs sous-maxillaires, activité qui devient égale à celle des

---

([4]) Dans le culot de centrifugation, il ne reste qu'une très faible activité amylasique; des dosages effectués sur ce résidu ont donné une quantité de glucose libéré voisine de 0^{mg},050 pour 20^{mg} de résidu.

femelles; 3° que l'injection d'hormone androgène aux femelles augmente fortement l'activité amylasique de leurs sous-maxillaires : cette activité devient égale et même supérieure, pour certaines doses de testostérone (78^{mg}), à celle des mâles normaux.

Ces résultats montrent donc que la glande sous-maxillaire présente une activité amylasique différente dans les deux sexes, et que cette différence d'activité est conditionnée par les hormones androgènes. Ces observations, parfaitement superposables à celles obtenues sur la salive ([1]), ([2]), indiquent que c'est très probablement la glande sous-maxillaire qui est à l'origine des différences sexuelles de l'activité amylasique de la salive.

PHARMACODYNAMIE. — *Étude chimique et pharmacodynamique préliminaire d'une Loganiacée du Gabon :* Mostuea stimulans *A. Chev.* Note de M. **René Paris** et Mme **Hélène Moyse-Mignon**, présentée par M. René Souèges.

Nous avons reçu au début de 1949, par l'intermédiaire de l'abbé Walker, en provenance de Sainte-Anne du Fernan Vaz (Gabon), environ 400^{g} d'écorce de racine utilisée par les indigènes comme stimulant, hypnofuge et aphrodisiaque et dénommée Sata m'bwanda en nkomi et Sété m'bwundê en bakolé; quelques échantillons de plante entière reçus par la suite montrèrent qu'il s'agissait du *Mostuea stimulans*, récemment décrit par A. Chevalier.

Dans le lot reçu, la tige, lignifiée, atteint environ 30^{cm}, les feuilles sont alternes, ovales, de 5^{cm} de long sur 2 à 3 de large; feuilles et rameaux sont hérissés de longs poils jaunâtres; les fleurs, gamopétales, sont groupées en fascicules axillaires ou terminaux. Les racines, noirâtres, striées longitudinalement, peu ramifiées, munies de radicelles filiformes, ont une longueur de 15 à 20^{cm} pour un diamètre de 3 à 4^{mm}; la saveur est amère et légèrement astringente. Au point de vue histologique, la tige comporte au niveau de l'épiderme sinueux des poils tecteurs pluricellulaires unisériés à paroi fortement cutinisée; le liber est peu développé, le bois fortement sclérifié. A la périphérie de la moelle, riche en macles, se trouvent de petits îlots de tissu criblé; la feuille est caractérisée par un arc libéro-ligneux ouvert, du liber interne et de longs poils tecteurs abondants au niveau de la nervure médiane; la racine n'offre rien de caractéristique, le liber est réduit, le bois est riche en fibres fortement épaissies.

Cette drogue n'ayant pas encore fait l'objet, à notre connaissance, de recherches chimiques et pharmacodynamiques, nous avons effectué quelques essais à ce double point de vue. Des alcaloïdes ayant été décelés, ceux-ci ont été dosés sur des prises d'essai de 50^{g} et par la méthode pondérale en utilisant comme solvant le chloroforme qui donne des rendements plus élevés que l'éther, et comme base l'ammoniaque préférable à la soude, l'épuisement étant

réalisé à l'appareil de Soxhlet. Les résultats suivants ont été obtenus : tiges feuillées 0,06 %, racines entières 0,146 %, écorce de racine 0,33 %. L'extraction des substances alcaloïdiques a été pratiquée (en raison de la petite quantité de matière première dont nous disposions) sur environ 300g d'écorce de racine. Après dégraissage au Soxhlet en milieu neutre, par l'éther de pétrole qui n'enlève que des traces d'alcaloïdes et laisse un résidu huileux de 0g,28 %, présentant les réactions des phytostérols, la drogue a été épuisée successivement en milieu ammoniacal par l'éther, le chloroforme et l'alcool; les liqueurs éthérées, lavées à la soude diluée pour éliminer diverses impuretés (les solutions sodiques, acidifiées et filtrées précipitent par les réactifs de Bertrand et de Meyer, indiquant la présence d'un alcaloïde soluble dans la soude) sont épuisées par l'acide chlorhydrique, les liqueurs acides alcalinisées par l'ammoniaque sont traitées par l'éther; celui-ci après évaporation abandonne un résidu vernissé jaune clair d'alcaloïdes bruts (0,216 %). Les liqueurs chloroformiques concentrées, additionnées d'éther, donnent un précipité brun, floconneux, de saveur amère mais ne précipitant que faiblement par les réactifs généraux des alcaloïdes. Après purification convenable, on obtient une nouvelle quantité d'alcaloïdes (environ 0,10 %). Les liqueurs alcooliques ne contiennent que des traces d'alcaloïdes.

La séparation de ceux-ci a été tentée (bien que nous ne possédions qu'un résidu total inférieur à un gramme) en essayant la solubilité dans divers solvants et la cristallisation de différents sels. Deux substances, donnant les réactions colorées (réactif de Wasicky, réactif phosphovanillique) des dérivés indoliques, ont pu être séparées : l'une, colorée en jaune orangé, peu soluble dans l'éther, dont les solutions alcooliques sont fluorescentes, donnant un nitrate peu soluble dans l'eau (F 280°) et un tartrate insoluble dans l'alcool (F 180-182°), se rapprochant de la sempervirine; l'autre, blanc jaunâtre, cristallisant en prismes dans l'acétone (F 170-172°), soluble dans la soude, se colorant en vert olive par l'acide nitrique, en violet puis vert dans l'acide sulfurique et le bichromate de potassium, dont le picrate fond à 184-186° qui nous paraît proche de la gelsémine. La petite quantité que nous disposions n'a pas permis d'approfondir davantage les propriétés de ces deux alcaloïdes.

Au point de vue physiologique, il a été constaté que le satam'bwanda était toxique, surtout la racine. Chez la Souris par voie sous-cutanée, pour l'écorce de racines, la dose mortelle est d'environ 0g,60 par kilogramme et la dose léthale moyenne est voisine de 0g,25. La mort survient après une phase d'hyperexcitabilité, l'animal se dresse sur ses pattes de derrière « en kangourou », il présente parfois des convulsions. Chez le Chien chloralosé par voie intraveineuse, à faible dose (0g,05 à 0g,10 par kilogramme), il se produit de l'hypotension puis de l'hypertension, à dose plus forte (0g,10 à 0g,20), seule existe une hypotension durable; à une courte phase de tachycardie et

d'hyperpnée succèdent des phénomènes de dépression cardiaque et respiratoire.

Il s'agit donc d'une drogue physiologiquement active, se rapprochant du *Gelsemium* et de l'Iboga; ceci confirme les emplois en médecine indigène et l'étude du *Mostuea stimulans* mérite d'être approfondie.

MICROBIOLOGIE. — *Sélection d'une souche de pénicillium par l'action du milieu.* Note de M. **Henry Deshayes** et Mlle **Marcelle Peyre**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une précédente Note nous avons indiqué comment nous avons pu améliorer la valeur moyenne d'une série de souches pour des cultures de surface, uniquement par l'influence d'un milieu synthétique sur gel de silice, et en effectuant des repiquages massifs. Nous avons alors pris une de ces souches, la X 1612, qui initialement titrait $170\,U/cm^3$ et nous avons suivi son évolution lors de passages successifs sur gel de silice.

Après le troisième passage sur gel de silice, nous avons ensemencé massivement une gélose inclinée et avons observé trois aspects différents : une partie de la culture était vert foncé, une autre bleue, une autre jaune. Chacune a été repiquée au fil de platine et, finalement, a donné une culture homogène. Voici les titres donnés par chacune d'elles :

Titres au	7e jour.	8e jour.
Culture vert foncé	0	0
» bleue	65	80
» jaune	200	300

Depuis, nous avons eu plusieurs fois l'occasion de constater cette même dissociation dans les mêmes conditions :

Sur la souche jaune que nous dénommons 1-4, nous avons fait les observations suivantes :

1° L'entretien de la souche s'effectue en commençant sur gel de silice. Les cultures de multiplication séparant 2 silicogels ont été faites sur gélose inclinée, et à partir du S_5 sur billes.

Voici les résultats obtenus :

N° du silicogel	S_1.	S_2.	S_3.	S_4.	S_5.	S_6.	S_7.	S_8.	S_9.	S_{10}.
Nombre de générations entre les silicogels	—	1	1	10	7	1	1	1	4	6
Nombre de générations de sporulations après S	4	4	6	4	4	4	3	4	11	5
Titre moyen des cultures de contrôle sur milieu de production	110	350	230	260	250	470	520	720	850	860

Au total cette souche a été suivie pendant 18 mois avec 50 générations de sporulations dont 10 passages sur silicogel, sans aucun isolement monosporique. Elle donne aujourd'hui couramment un titre moyen de 700 à 800 U sur des milliers de fioles de production contenant 150$^{cm^3}$ de milieu, avec des pointes de 1200 U/cm^3.

2° A partir d'une même suspension de spores, nous avons ensemencé 7 silicogels et nous avons fait 16 isolements sur ce même milieu. Les silicogels ont été repiqués massivement comme d'habitude, les colonies isolées ont été multipliées et titrées séparément, tous les titres obtenus se sont situés entre 800 et 1000 U/cm^3.

3° Au cours des travaux de sélection, 300 silicogels ont été ensemencés, parmi lesquels 54 % ont donné des titres supérieurs à ceux fournis par les spores utilisés pour ensemencer ces boîtes, 31 % ont donné des titres identiques, 15 % ont donné des titres inférieurs.

4° Dans son état actuel la I-4 voit son aptitude à élaborer de la pénicilline diminuer notablement lorsque la multiplication est effectuée sur gélose. Elle reparaît si on l'ensemence ensuite sur billes, comme le montrent les chiffres suivants obtenus à partir de l'émulsion venant d'une même boîte :

1re génération après le silicogel	sur gélose......	400
	sur billes.......	800
2e » »	»	850
	»	900

Si l'on continue la multiplication sur gélose, les titres baissent constamment jusqu'au moment, variable, où le bleu apparaît, donnant les titres indiqués plus haut pour cet aspect.

En résumé, par la combinaison de cultures sur gel de silice imprégné d'un milieu synthétique minéral saccharosé et de cultures sur billes de terre cuite imprégnées d'un milieu au corn steep, nous avons, par la seule action du milieu et sans isolements monosporiques, obtenu finalement une souche dont le titre en surface est passé de 170 à 800-1000 U/cm^3. Cette souche stable et homogène dans les conditions de l'expérience ne ressemble plus à la souche mère X1612. Elle perd sa valeur dans les conditions habituelles de sporulation.

Les résultats déjà acquis avec d'autres organismes que le Pénicillium, nous permettent de souligner ici l'intérêt théorique de ces techniques qui mettent en évidence d'une manière particulièrement nette, l'influence du terrain pour la modification d'un caractère sur toute une population, et

la transmission héréditaire de cette modification dans cette population, qui demeure homogène lorsqu'elle est maintenue dans les mêmes conditions de terrain.

A $16^h 20^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $17^h 5^m$.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 9 mai 1949.)

Note présentée le même jour, de M. *Tudor Ganea*, Sur les espaces de recouvrement des rétractes :

Page 1471, 2[e] ligne en remontant, *au lieu de* l'isomorphisme, *lire* que cet homomorphisme devienne un isomorphisme.

Note présentée le 20 avril 1949, de M. *Fernand Caujolle* et M[lle] *Georgette Bergal*, Influence comparée des acides borique et phénylborique sur le développement des plantules de quelques Apétales :

Page 1517, 3[e] ligne du 2[e] tableau, *au lieu de* Inhibition... 10^{-6} à 10^{-3}, *lire* Inhibition.. 10^{-5} à 10^{-3}.

(*Comptes rendus* du 8 juin 1949.)

Note présentée le même jour, de MM. *Daniel Collier*, *Alexandre Roche* et *Maurice Roques*, Sur la constitution de la météorite de Mezel (25 janvier 1949) dans le Puy-de-Dôme :

Page 1816, 2[e] ligne du titre, *au lieu de* Denis Collier, *lire* Daniel Collier.

(*Comptes rendus* du 13 juin 1949.)

Note présentée le même jour, de M. *Maurice Burgaud*, Contribution à l'étude de la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère :

Page 1879, 6[e] ligne, *au lieu de* la bande Φ de l'infrarouge, *lire* la bande ρ de l'infrarouge.

(*Comptes rendus* du 13 juin 1949.)

Note présentée le même jour, de MM. *Jean Asselineau* et *Edgar Lederer*, Isolement de deux acides mycoliques isomères de *Mycobacterium tuberculosis*, *var. hominis* :

Les références bibliographiques ayant été interverties par suite d'une erreur typographique au cours de la mise en page, les auteurs tiennent à préciser que la préparation et les propriétés de l'alcool mycolique et de l'acide anhydro-mycolique ont été exposées dans la première Communication [8e Congrès de Chimie biologique, Paris, octobre 1948; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949 (sous presse)].

Note présentée le même jour, de M. *Yu Chia-Yung*, Sur les droites de Borel de certaines fonctions entières :

Page 1834, 21e et 22e lignes, *au lieu de* où $\theta(z)$ et $1/\theta(z)$ sont des fonctions entières vérifiant $\left|\log|\theta(z)|\right| < (k+\varepsilon)|z|$, *lire* où $\theta(z)$ est une fonction entière vérifiant $\left|\log|\theta(z)|\right| < (k+\varepsilon)|z|$, $\varepsilon > 0$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUIN 1949.

Fédération française des Sociétés de Sciences naturelles. Office central de faunistique. *Faune de France*. 50. *Coléoptères scolytides*, par ALFRED BALACHOWSKY. Paris, Paul Lechevalier, 1949; 1 vol. 25cm,5 (présenté par M. L. Fage).

The Japanese Medical Journal. Vol. I, publié par THE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH OF JAPAN. Tokyo, 1948; 1 fasc. 25cm.

Le mouvement de récession des nébuleuses extra-galactiques, par P. DRUMEAUX, in *Commentationes*, Anno XI. Vol. XI, no 12. Città del Vaticano, Pontificia Academia scientiarum, 1947; 1 fasc. 24cm.

Id. — Quatrième partie. Extrait des *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*. Louvain, 1948; 1 fasc. 25cm.

La côte française des Somalis, par HENRI BESAIRIE. Tananarive, Bureau géologique, 1949; 1 vol. polycopié 29cm,5.

Supplément à la flore générale de l'Indochine, publié sous la direction de H. HUMBERT. T. Ier. Fasc. 6. : *Méliacées* (fin) et *Dichapétalacées*, par PELLEGRIN ; *Opiliacées*, *Olacacées*, *Aptandracées*, *Schœpfiacées*, *Erythropalacées*, *Icacinacées*, *Phytocrénacées*, *Cardiopté-*

ridacées, par F. GAGNEPAIN; *Aquifoliacées*, par Mme TARDIEU-BLOT. Fasc. 7 : *Aquifoliacées* (fin), *Célastracées*, *Hippocratéacées*, *Siphonodontacées*, *Rhamnacées*, par Mme TARDIEU-BLOT; *Leeacées*, par F. GAGNEPAIN. Paris, Muséum national d'histoire naturelle. Phanérogamie, 1948; 2 fasc. 25cm (présenté par M. A. Chevalier).

Travaux botaniques dédiés à René Maire. Ouvrage publié avec le concours du CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE. T. II des *Mémoires hors série de la Société d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord.* Alger, 1949; 1 vol. 28cm.

Sir Chandrasekhara Venkata Raman. *Jubilee Volume of original Papers,* presented by *Commemoration of his fiftieth Birthday*, 1888. 7th November 1938, et *Commemoration of his sixtieth Birthday*, 1888. 7th November 1948. Bangalore, The Indian Academy of Sciences; 2 vol. 26cm.

Ruth Fulton Benedict A Memorial. New-York, Viking Fund, 1949; 1 fasc. 23cm,5.

New Zealand Science Review. Seventh Pacific Science Congress. Second Report. Vol. VII, n° 3; 1 fasc. 27cm,5.

Arzhur Breizh pezh-c' hoari e pemp Arvest Kentan Mouladur Brezhonek, par CLAUDE BERNARD, traduit en breton par YANN-VARI LE GOFF. Paris, J.-B. Baillère et Fils, 1949; 1 vol. 23cm (en langue bretonne).

Collection d'ouvrages de mathématiques à l'usage des physiciens, publiée sous la direction de G. DARMOIS. *La théorie de la relativité restreinte*, par OLIVIER COSTA DE BEAUREGARD, Paris, Masson, 1949; 1 vol. 24cm,5.

C. A. V. Houard. Sa vie, son œuvre, par J. H. L. Estratto da *Marcellia.* T. XXX. Fasc. 4-6. Naples, Tipografia Portosalvo, 1948; 1 fasc. 23cm,5.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 JUILLET 1949.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Galvao**, Professeur de physiologie à l'Université de Sao Paulo (Brésil) et **Mei Yi Chi**, Président de la *National Tsing Hua University*, à Peiping, qui assistent à la séance.

M. le **Président** annonce la mort de M. **André Boivin**, Correspondant pour la Section d'Économie rurale.

BOTANIQUE. — *Sur la biologie d'une plante se rapprochant du vrai* Œnothera lamarckiana *Sér., les variations de celui-ci et les viroses et bactérioses des Œnothera's.* Note de M. **Auguste Chevalier**.

La mutation si remarquable que nous avons décrite dans le *g. Cymbalaria* (1) et que nous attribuons à une virose nous a amené à réviser d'autres genres de plantes dans lesquels s'observent des mutations. Il était tout indiqué d'examiner à ce sujet quelques *Œnothera's*. Depuis une douzaine d'années nous cultivons dans un petit jardin expérimental au Muséum, une espèce que nous avons trouvée vers 1935 sur un terrain alors inculte situé sur l'emplacement de la Bièvre près de la Nouvelle Orangerie. Cette espèce est bisannuelle et se resème seule abondamment chaque année toujours identique à elle-même. Elle envahirait tout le terrain si nous ne détruisions annuellement un grand nombre de pieds. Elle ne nous a jamais montré aucune variation. Elle semble homozygote. Au printemps dernier nous constations que toutes les feuilles radicales chez la plupart des individus étaient bosselées, plissées, gondolées, avec cloques faisant saillie en dessus; plus tard on observa des déformations analogues sur les feuilles caulinaires. C'était l'indice presque certain que ces plantes étaient

---

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1077, 1167, 1537, 1617.

atteintes d'un virus. Plus tard, en juin, sur les feuilles radicales de certains plants, on vit apparaître des taches confluentes vert jaunâtre, formant mosaïque. Il n'y avait plus de doute que ces plants étaient virosés. Cela ne les empêche pas de prendre un beau développement (certains sujets ont $1^m,70$ de haut), de fleurir et de grainer. M. L. Cuénot ayant visité récemment le jardin nous fit remarquer que cet *Œnothera* lui semblait différent de toutes les espèces naturalisées ou cultivées qu'il connaissait et il nous conseilla d'en faire la détermination. La chose était aisée, l'herbier du Muséum possédant un riche ensemble d'exsiccata révisés pour la plupart par des spécialistes, surtout B. M. Davis qui a étudié de près le type même de *O. lamarckiana*, et montré qu'il se différenciait de la célèbre Œnothère mutante de Hugo De Vries. Nous avions aussi le beau mémoire de R. R. Gates avec ses phototypies remarquables (*Transact. Linn. Soc. London*, 1914) montrant toutes les formes des espèces du groupe *Onagra* et les principales mutations de De Vries. Nous pûmes constater que notre plante ne s'identifiait avec aucune des formes naturalisées en Europe et qu'elle différait aussi des plants obtenus par De Vries.

Ces plantes, qui ont donné lieu à de nombreux travaux depuis les recherches de H. De Vries, doivent, d'après l'examen que nous venons de faire, se ranger ainsi :

1° *Œ. biennis* L. (1753). Le type de Linné est établi sur la plante apportée en Europe en 1614 et qui y pullule partout sur les décombres, voies ferrées, etc. Elle fut trouvée spontanée en Amérique du Nord au XVIIIe siècle, mais les plantes américaines, comme l'ont montré Davis, Gates, etc., se rattachent à un grand nombre de petites espèces régionales : *Œ. franciscana* Bartlett (Californie), *Œ. rubricalyx* Gates des Etats de l'Ouest, *Œ. victorinii* Gates et Catchside (Canada), etc., qui s'hybrident entre-elles.

2° *Œ. suaveolens* Desf. ap. Pers. (1805). Le type fut signalé en 1804 comme cultivé en serre au Muséum. Fréquemment cultivé de nos jours dans les jardins de France et souvent naturalisé (localité classique : Samois, près Fontainebleau, où il a été étudié par De Vries et Blaringhem). Inconnu aux Etats-Unis. Pour nous il n'est pas identique à *Œ. grandiflora* d'Amérique.

3° *Œ. grandiflora* Solander (1789). Décrit d'après la plante cultivée en Angleterre à la fin du XVIIIe siècle. Il a été trouvé à l'état spontané, vers 1910, dans l'Etat d'Alabama. On l'a hybridé avec des formes de *Œ. biennis*.

4° *Œ. lamarkiana* sér. *sensu stricto* (1828). Décrit en 1796 par Lamarck sous le nom de *Œ. grandiflora;* des spécimens en bon état du type sont conservés dans l'Herbier du Muséum. Il fut cultivé au Jardin des Plantes de 1792 à 1815. Il n'a plus été revu vivant depuis, à moins que notre *Œ. lutetiana*, décrit ci-après, en descende. D'après B. M. Davis ce ne serait qu'une forme de *Œ. grandiflora* Sol., très différente de l'*Œ.* mutant de De Vries. Pour nous qui avons examiné ce type de près, il est proche à la fois de la plante vriesienne et de notre *Œ. lutetiana*. La principale différence est que la plante de Lamarck

n'avait pas les feuilles bosselées-gondolées comme les deux autres formes; ses fleurs étaient aussi plus grandes. S. Buchet (1912) pense qu'il s'identifie avec *Œ. suaveolens* Desf., mais d'après notre examen, sûrement pas avec la forme cultivée actuellement sous ce nom.

5° *Œ. neolamarckiana* B. M. Davis (1916). C'est aussi probablement *Œ. biennis* var. *lamarckiana* Lindley (1833). Pour Davis c'est un hybride *Œ. franciscana* × *Œ. biennis*.

Il a pour synonyme *Œ. communis* Lévl. race *Vrieseana* Lévl. Monogr. Œothér., p. 369 (1912) *pro parte*. Cette plante et ses mutations ont donné lieu depuis 1900 à un nombre considérable de publications. Trouvée d'abord dans les dunes du Lancashire vers 1840, elle fut répandue ensuite par l'horticulture en de nombreux pays. Acclimatée à Hilversum (Hollande), elle fut remarquée par H. De Vries vers 1896 et les semis qu'il fit au Jardin botanique d'Amsterdam ont été le point de départ de ses mutations. L'espèce n'était pas pure, comme l'ont montré Davis, Gates, etc. Étant d'origine hybride et atteinte d'une bactériose à Hilversum et peut-être d'une virose (feuilles gondolées), on explique ces mutations par ségrégation (Davis, Gates) et aussi par l'état maladif (H. H. Zujstra, 1914). La cause véritable de toutes les mutations observées reste à éclaircir, en dehors de la disjonction d'hybrides parfois complexes.

6° *Œ. lutetiana* (espèce nouvelle). C'est une mutation d'origine inconnue, devenue très stable, dérivant peut-être de *Œ. lamarckiana*, mais proche aussi de *Œ. neolamarckiana*, trouvée aux environs du Jardin des Plantes de Paris. Des deux elle diffère par ses tiges simples ou ramifiées dans le tiers supérieur, garnies de feuilles ovales-lancéolées, faiblement dentées, fortement gaufrées-gondolées, molles et finement tomenteuses sur les deux faces, les fleurs plus petites (l'hypanthium vert jaunâtre lavé de rose n'a que $2^{cm},5$ à 3^{cm} de long, le bouton floral $5^{cm},5$ de long; les pétales à peine émarginés ont 2^{cm} seulement de long); le sommet de la tige, le tube du calice, l'ovaire et le bouton floral portent des papilles glanduleuses pourpres, entremêlées de poils simples. Diffère aussi des *Œ. biennis* et *suaveolens*. Les fruits prismatiques sont longs de 2^{cm}. Les fleurs s'épanouissent la nuit jusqu'à 9^{h} du matin, alors que les stigmates dépassent les anthères; ils sont agglutinés et non étalés en étoile, ils sont depuis deux jours couverts de pollen quand s'ouvre la fleur. La plante est donc autofécond. La corolle épanouie dégage un faible parfum; elle est visitée par de nombreux insectes la nuit et dans la matinée. Tous les individus que nous cultivons semblent atteints d'une virose.

Nous avons constaté dans les Herbiers que les *Œ. biennis* et *Œ. muricata* subspontanés en France y présentent souvent quelques feuilles gaufrées-gondolées (viroses), mais nous n'avons pas observé jusqu'à présent de telles déformations sur *Œ. suaveolens*.

ZOOLOGIE. — *Phénomène d'épitoquie dans le groupe des Archiannélides.* Note (*) de M. **Constantin Dawydoff.**

En 1903, j'ai trouvé aux Indes Néerlandaises, dans le plankton de la Mer d'Arafura (côte Sud-Ouest de la Nouvelle Guinée), une espèce nouvelle de *Polygordius* qui se distingue de toutes les autres espèces de ce genre, ainsi que de tous les représentants du groupe des Archiannélides, par deux particularités morphologiques et biologiques remarquables, à savoir : 1° tous les individus que j'ai récoltés ont été trouvés *nageant à la surface* (toutes les autres espèces du genre sont des formes sédentaires vivant sur le fond); 2° chez tous les échantillons complètement mûrs les produits génitaux, mâles et femelles, étaient concentrés exclusivement dans la partie postérieure du corps de l'animal; 3° à un moment donné, l'animal *éjecte cette partie postérieure de son corps* (bourrée des œufs et des spermatozoïdes) et celle-ci continue à mener la vie pélagique en utilisant cette période de vagabondage passif pour disséminer les produits sexuels. Bref, nous avons affaire là à une véritable *épitoquie,* phénomène très rare chez les Annélides du fond et qui n'a jamais été observé dans le groupe des Archiannélides. J'ai proposé de nommer cette espèce *Polygordius epitocus.*

Plus récemment (1928-1935), j'ai eu la chance de retrouver *Polygordius epitocus* dans les eaux de l'Indochine et j'ai pu étendre mes anciennes observations qui n'avaient été publiées *in extenso,* vu leur caractère fragmentaire. Notons tout de suite que tous les individus (une douzaine environ) pêchés en Indochine (Golfe de Siam, côtes du Sud-Annam, îles Spratly) ont été capturés, comme ceux pêchés aux Indes Néerlandaises, très loin de la côte et toujours en état de nage.

Il n'y a aucun doute pour moi que c'est le comportement physiologique normal pour l'espèce en question. En effet, dans mon matériel provenant des récoltes planctoniques, il y avait deux individus du *Polygordius,* appartenant indiscutablement à la même espèce *P. epitocus,* qui ne montrent aucune trace des transformations morphologiques et histologiques caractérisant cette espèce au moment critique de la maturité sexuelle. L'étude microscopique de ces deux individus m'a démontré que les neuf segments antérieurs de leur corps restent complètement stériles, tandis qu'à partir du dixième chaque métamère du ver présente deux petites ébauches symétriques de la glande génitale, du type normal et dans la position habituelle. Avant même que la maturité commence à battre son plein, les produits sexuels jeunes montrent déjà une tendance bien marquée à émigrer dans la moitié postérieure du corps, soit en utilisant pour cela les espaces péri-intestinaux (limités par la splanchnothèque), anormalement élargis,

(*) Séance du 27 juin 1949.

soit en franchissant les dissépiments. Dans les cas de vers femelles, cette migration est active, les ovocytes et les œufs mûrs se déplaçant et franchissant les obstacles au moyen d'expansions pseudopôdiales. Quoi qu'il en soit, comme résultat de cette migration, toute la moitié antérieure du *Polygordius* en question devient secondairement complètement stérile. Tous les produits génitaux se concentrent maintenant dans 12-15 segments postérieurs. En conséquence, ces segments sont surchargés d'œufs ou de spermatozoïdes, à un degré tel que toutes les formations structurales qui caractérisent la morphologie normale du corps du *Polygordius* (le tube digestif, le système nerveux, la musculature puissante, longitudinale et diagonale, et même l'ectoderme tégumentaire) subissent une régression progressive jusqu'à disparaître complètement.

Par suite de cette régression morphologique, la partie postérieure du ver se transforme en un long sac cylindrique dont la paroi est réduite finalement à la cuticule. Bref, ce sac cuticulaire rempli des éléments sexuels perd toutes les caractéristiques morphologiques de la partie antérieure de l'animal, celle-ci continuant à conserver sa structure histologique normale.

Les processus d'histolyse qui accompagnent cette épitoquie chez *Polygordius epitocus* méritent une remarque spéciale. L'influence des produits génitaux sur les formations somatiques du corps se manifeste dans deux directions. Notons, tout d'abord, la pression mécanique exercée par la masse compacte des produits génitaux sur les organes environnants. Par suite de cette pression, ces organes perdent leurs connexions physiologiques avec les centres vitaux éliminés et, *ipso facto*, subissent nécessairement une dégradation histologique très prononcée.

Beaucoup plus marquées sont les perturbations causées chez les femelles sous l'influence immédiate des œufs. Ces derniers corrodent activement tous les organes et tissus avec lesquels ils entrent en contact. En agissant comme de véritables amibes, les œufs phagocytent toutes les formations structurales de la partie du ver qu'ils remplissent.

M. **Louis de Broglie** fait hommage d'un volume publié par les Éditions de la *Revue d'Optique* et intitulé : *Interaction entre le noyau et son cortège électronique*, qui contient les exposés faits aux réunions d'études et de mises au point tenues sous sa présidence en avril-juin 1948. Ces exposés sont dus à MM. Raymond Daudel, Paul Chanson, Jean Surugue, Jean Ratier, Mme Pierrette Benoist, MM. Robert Bouchez, Moyse Haïssinsky, Maurice Jean.

M. **Ross Granville Harrison** adresse quatre fascicules : 1° *Wound healing and reconstitution of the central nervous system of the amphibian embryo after removal of parts of the neural plate;* 2° *Lorande Loss Woodruff*, 1879-1947;

3° *Frank Rattray Lillie*, 1870-1947; 4° *Addresses at the Lillie memorial meeting woods hole, august* 11, 1948.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Bernard Houssay** et **Corneille Heymans** sont élus Correspondants pour la Section de Médecine et Chirurgie, en remplacement de Sir *Charles Sherrington*, élu Associé étranger, et de Sir *Almroth Wright*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Institut des Parcs nationaux du Congo belge. Exploration du Parc national Albert. Mission G. F. de Witte (1933-1935). Fasc. 49 : *Mymaridæ*, par H. R. Debauche. Fasc. 58 : *Hémiptères aquatiques*, par Raymond Poisson.

2° Institut français d'Afrique Noire. *Initiations africaines*. I. *Les mammifères de l'Afrique Noire française*, par P. L. Dekeyser.

3° Station centrale suisse de météorologie. Zurich. *Les Précipitations en Suisse*, 1901-1940. *Carte pluviométrique de la Suisse* 1/500000e.

4° Jean et Marie-Louise Dufrenoy. *Les fossiles et la notion d'évolution*.

5° Paul Niehans. *Hypertrophie des glandes paraprostatiques et cancer de la prostate*. — *Traitement biologique des maladies organiques chez l'homme et chez l'animal*.

6° *Proceedings of the fourth international Congresses on Tropical Medicine and Malaria. Washington D. C., May* 10-18, 1948. Volumes I et II.

ALGÈBRE. — *Ordres pondérés* (1). *Caractérisation de l'ordre naturel comme l'ordre du semi-groupe multiplicatif des nombres naturels*. Note (*) de M. **Dov Tamari**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Tous les poids exacts, ∞ et o de tous les degrés ont la propriété d'être aussi le poids limite correspondant. Un poids exact est par définition un nombre fini, rationnel, positif. Dans chaque semi-groupe-ordre, même non pondérable, il y a de tels poids : si $p = r^m$, $q = r^n$, n/m est le poids exact de q par p. Dans $\Omega_\lambda(\mathcal{L}_\alpha)$ le poids d'un mot par un mot antérieur est ∞, par un

(1) Suite directe de *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1909-1911.

(*) Séance du 4 juillet 1949.

postérieur o, sauf les cas où les deux mots sont puissances d'un même mot. D'autre part un ordre est archimédien si et seulement si les poids de tous les éléments sont finis et > 0; Ω_λ est donc le plus non archimédien qui puisse être (totalement non archimédien). Ω_λ est partout dense sauf si $\alpha = 1 + \alpha'$, α type d'ordre de l'alphabet A. Dans Ω_l $L_p(q) = l(q)/l(p)$ [$l(q)$ longueur de q], tous les poids sont finis, rationnels et > 0. L'écriture décimale des nombres naturel est le sous-semi-groupe-ordre ${}^{(0)}\mathcal{L}_{10} = \mathcal{L}_{10} - 0\mathcal{L}_{10} \subseteq \Omega_l(\mathcal{L}_{10})$ (inclusion de la structure; $A = \{0, 1, \ldots, 9\}$).

Généralisations. — *a.* Les notions de poids et de l'ordre pondéré peuvent s'appliquer aux semi-groupes non libres en remplaçant le produit libre par un autre type ou les facteurs de type $\mathcal{L}_1$ par d'autres semi-groupes ordonnés (groupes libres sont semi-groupes non libres particuliers); *b.* On peut — ou l'on doit d'après *a.* — considérer d'autres ordres et de l'ensemble des facteurs A, et de chacun des facteurs (*cf.* les 6 ordres totaux de $\mathcal{L}_1$, *loc. cit.*, p. 1186); *c.* On peut (ou l'on doit) introduire le poids exact o pour l'élément neutre ($=$ mot vide $\emptyset = p^0$), des poids négatifs (ordres décroissants), des nombres complexes (inverseurs), des nombres transfinis et infinitésimaux (ordres non-archimédiens), certaines fonctions d'une pondération (poids *multiplicatif* ou *valuation* e^L), des caractères χ (cf. *loc. cit.*, p. 1185), des éléments d'un demi-groupe; *d.* Le problème se pose de déterminer la *place* $N_\Omega(x)$ d'un mot x et la partie $\pi_\Omega(x)$ de $A \preceq x$.

Pour le but de cette Note un ordre total, double, conservatif et archimédien suffit et l'on vérifie aisément les énoncés suivants, qui sont valables généralement sous des hypothèses beaucoup moins restreintes :

1° La puissance est une fonction croissante de sa base et une fonction monotone de son exposant; 2° l'ordre est un ordre pondéré Ω_π : pour chaque couple p, q il existe un nombre réel unique $L_p(q)$; 3° ν_n/n, $\nu_m/m \leq \nu_{nm}/nm \leq L_p(q) < (\nu_{nm}+1)/nm \leq (\nu_n+1)/n$, $(\nu_m+1)/m$ (n, m quelconques); $[n L_p(q)] = \nu_n$: le poids limite détermine tous les poids approximatifs; 4° $q \prec r \Rightarrow L_p(q) \leq L_p(r)$, $L_p(q) < L_p(r) \Rightarrow q \prec r$. Si $q \neq r \Rightarrow L_p(q) \neq L_p(r)$ on a $q \prec r \rightleftharpoons L_p(q) < L_p(r)$: ordre pondéré *parfait*; 5° $L_p(s) L_s(q) = L_p(q)$; $L_p(q) L_q(p) = L_p(p) = 1$; 6° $L_p(qr) = L_p(rq)$: le poids d'un produit est une fonction symétrique de ses facteurs [conséquence directe de l'associativité par l'identité $(qr)^{n+1} = q(rq)^n r$]; 7° $L_p(qr) = L_p(q) + L_p(r)$; $L_p(q^n) = n L_p(q)$; $L_p(q^{-1}) = - L_p(q)$; $L_p(\emptyset) = 0$; 8° le système des poids des générateurs $\pi(A)$ détermine l'ensemble Λ_π des poids de tous les éléments comme valeurs des formes linéaires sur les nombres naturels (semi-groupe $\mathcal{S}$) ou sur les entiers (groupe $\mathcal{G}$) avec les poids-générateurs substitués aux indéterminés; Λ_π forme un sous- (semi-) groupe additif de R (nombres réels); 9° les classes des éléments ayant le même poids forment un semi-groupe-ordre-quotient pondéré parfait; 10° les relations définissantes se traduisent en équations linéaires. L'ordre sera pondéré parfait, si inversement *toute* dépendance linéaire entre les poids-générateurs se traduit en relation définissante. Donc un tel semi-groupe est abélien (l'addition l'est!). $L(q) = \rho$ est biunivoque et a un inverse $E(\rho) = q$. Un tel $\pi(A)$ déterminant complètement l'ordre est dit *base de l'ordre.*

Notons par $\Omega_\pi(\mathcal{S}) = \mathcal{S}_\pi$ la correspondance biunivoque entre les π et les ordres de $\mathcal{S}$; $\mathcal{S}_\pi \simeq \Lambda_\pi$ (l'ordre inclu). Pour que l'ordre d'un semi-groupe abélien libre $\mathcal{S}$ soit parfait, discret et croissant il faut et il suffit que π soit

linéairement indépendant, discret et tous ses éléments >0. $\mathfrak{S}_\pi(A)$ sera bien ordonné, $\alpha \leqq \omega$, $\overline{\mathfrak{S}}_\pi = \omega$, $\mathcal{G}_\pi(A) = \mathcal{G}_\pi(\mathfrak{S})$ partout dense si $\alpha > 1$, $\mathcal{G}_\pi \supsetneqq \mathfrak{S}_\pi$, $\mathcal{G}_{\pi_1} \supsetneqq \mathfrak{S}_{\pi_2} \rightleftharpoons \pi_1 \equiv \pi_2$ et l'ensemble des ordres distincts a la puissance du continu. En choisissant un ordre *naturel* arbitraire $\mathfrak{S}_{\pi_0}$ et notant les éléments de $\mathfrak{S}$ suivant $\mathfrak{S}_{\pi_0}$ par $(\varnothing = s_0 \prec) s_1 \prec s_2 \prec \ldots \prec s_i \prec \ldots$, dans l'ordre général $\mathfrak{S}_\pi$ par $(\varnothing = s_0 \prec) s_{n_1} \prec s_{n_2} \prec \ldots \prec s_{n_i} \prec \ldots$, l'application $s_i \to s_{n_i} (i \to n_i^{(\pi)})$ est une permutation de $\mathfrak{S}$ (de $\mathcal{N}$) se prolongeant uniquement à la permutation de $\mathcal{G}$ qui transforme $\mathcal{G}_{\pi_0}$ en $\mathcal{G}_\pi$. Les ensembles de $\{(i \to n_i^{(\pi)})\}$, π, $\mathfrak{S}_\pi$, $\mathcal{G}_\pi$ deviennent ainsi représentations isomorphes d'un même groupe abstrait Π, isomorphe à un sous-groupe propre du $\mathfrak{T}_\omega(\mathfrak{S}) \subset \mathfrak{T}_{\mathfrak{S}} \subset \mathfrak{T}_{\mathcal{G}}$ ($\mathfrak{T}_{\mathfrak{S}}$ groupe de toutes les permutations de $\mathfrak{S}$ $\mathfrak{T}_\omega(\mathfrak{S})$ groupe des permutations du type ω; $\overline{\overline{\Pi}} = 1$ si $\alpha = 1$, $= \mathfrak{c}$ si $\alpha > 1$, $\mathfrak{T}_{\mathfrak{S}} = \mathfrak{c}$ même si $\alpha = 1$).

Soit $\mathfrak{S} \subset \mathcal{G} \subset R$, p. e. nombres naturels, rationnels positifs, réels, donc A les nombres premiers, $\bar{\alpha} = \aleph_0$, $\varnothing = 1$, $L(q)$ $[E(\rho)]$ fonction numérique définie dans $\mathcal{G}[\Lambda_\pi]$, ensemble partout dense, et satisfaisant à l'équation fonctionnelle du logarithme [exponentielle]. On sait qu'en exigeant la continuité ou seulement des bornes au moins dans un point elle admet une seule solution (à un facteur près, *cf.* 5°) : les poids-générateurs sont les logarithmes des nombres premiers et $\pi = \pi_0$ est la pondération de l'ordre naturel 1, 2, 3, ..., qui est aussi la seule pondération croissante dans le sens ordinaire. Chaque ordre distinct par une variation aussi petite qu'on veut de π, donnera une fonction pondérante sans bornes en chaque point de son domaine d'existence, dont le graphe a pour fermeture tout le demi-plan $R_+ \times R$. On comprend la portée du résultat en observant que dans toute généralité $L_p(q) = \rho$ est trivialement continue si l'on considère $\mathcal{G}_\pi$ doué de sa topologie intrinsèque $\mathfrak{C}_\pi$ (image réciproque de la topologie de $\Lambda_\pi \subsetneqq R$, non séparable, sauf si les classes de 9° se réduisent chacune à un point). On peut donc dire : La transition entre deux topologies $\mathfrak{C}_{\pi_1}$, $\mathfrak{C}_{\pi_2}$ de $\mathcal{G}$ induites de R par deux pondérations distinctes π_1, π_2 se fait par une fonction totalement non bornée et si $\mathfrak{S} \subset \mathcal{G} \subset R$, il existe une pondération et une seule dite *canonique*, chaque autre induisant une permutation distincte par un désarrangement maximal. Signalons encore la *représentation* d'un (semi-) groupe pondéré général par un sous- (semi-) groupe du R additif, uniquement déterminé par un couple $q \to \rho$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la dynamique d'un écoulement rotationnel.* Note de M. **Jean-Jacques Moreau**, présentée par M. Henri Villat.

Dans une Note antérieure [1], nous avons montré comment on pouvait, par la seule considération du champ de tourbillon $\vec{\omega}$ dresser le bilan dynamique

[1] *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1420.

d'un milieu incompressible quelconque emplissant l'espace ou le plan, moyennant des conditions à l'infini usuellement vérifiées. Les intégrales

$$\vec{I} = \iiint_D \overrightarrow{OM} \wedge \vec{\omega}\, d\tau$$

et

$$\vec{J} = -\iiint_D OM^2 \vec{\omega}\, d\tau$$

jouent pour cela un rôle tout analogue à celui de la résultante cinétique et du moment cinétique.

Le cas d'une portion limitée de milieu incompressible donne également lieu à des résultats simples si l'on suppose que le milieu, de propriétés quelconques à l'intérieur, est *helmholtzien* dans le voisinage de la frontière S. Nous voulons dire par là que dans cette région le milieu se réduit à un fluide parfait et que les actions à distance qu'il subit dérivent d'un potentiel uniforme. A ce cas se ramènent les problèmes usuels concernant un solide immergé dans un fluide parfait. Il vient alors comme expressions de la résultante $\vec{R}$ et du moment résultant $\vec{H}$ des actions sans potentiel appliquées dans le domaine D (²) :

$$\frac{1}{\rho}\vec{R} = \frac{d\vec{I}}{dt} - \iint_S \left[\frac{1}{2}u^2\alpha - (\vec{u}.\vec{\alpha})\vec{u}\right] d\sigma - \iint_S \overrightarrow{OM} \wedge \vec{u}(\vec{\alpha}.\vec{\omega})\, d\sigma,$$

$$\frac{1}{\rho}\vec{H} = \frac{d\vec{J}}{dt} - \iint_S OM \wedge \left[\frac{1}{2}u^2\vec{\alpha} - (\vec{u}.\vec{\alpha})\vec{u}\right] d\sigma + \iint_S OM^2 \vec{u}(\vec{\alpha}.\vec{\omega})\, d\sigma,$$

$\vec{u}$: vecteur vitesse du milieu,

$\vec{\alpha}$: vecteur unité normal extérieur en chaque point de S.

Les dérivations d/dt sont effectuées en supposant que la portion D de milieu conserve son individualité matérielle. On rejoint aisément à partir de là les formules données par M. Pérès (³) pour le cas d'un écoulement périodique.

En outre

$$\iint_S \left[\frac{1}{2}u^2\vec{\alpha} - (\vec{u}.\vec{\alpha})\vec{u}\right] d\sigma = 2\iiint_D \vec{u} \wedge \vec{\omega}\, d\tau = \vec{A},$$

$$\iint_S \overrightarrow{OM} \wedge \left[\frac{1}{2}u^2\vec{\alpha} - (\vec{u}.\vec{\alpha})\vec{u}\right] d\sigma = 2\iiint \overrightarrow{OM} \wedge (\vec{u} \wedge \vec{\omega})\, d\tau = \vec{B}.$$

Si l'on suppose de plus que la structure tourbillonnaire de D est *fermée*,

(²) Ces actions sans potentiel ne sont évidemment définies qu'à un gradient additif près, mais elles doivent s'annuler sur S, d'après l'hypothèse. On en conclut que $\vec{R}$ et $\vec{H}$ sont bien définis.

(³) *Comptes rendus du IIIᵉ Congrès International de Mécanique appliquée*, Stockholm, 1931, vol. 1, p. 132.

c'est-à-dire que $\vec{\omega}$ est sur S tangentiel ou nul, on peut décomposer $\vec{u}$ en la somme d'un champ $\vec{u^i}$ induit selon les formules de Biot-Savart par la structure tourbillonnaire intérieure et d'un terme complémentaire $\vec{v}$: *vitesse primitive*. On trouve alors que les contributions de $\vec{u^i}$ dans $\vec{A}$ et $\vec{B}$ sont nulles, de sorte que ces termes se réduisent à des intégrales d'interaction entre la structure tourbillonaire de D et la vitesse primitive, formellement analogues à des actions électromagnétiques

$$\vec{\mathcal{A}} = 2\iiint_D \vec{v} \wedge \vec{\omega}\, d\tau,$$

$$\vec{\mathcal{B}} = 2\iiint_D \overrightarrow{OM} \wedge (\vec{v} \wedge \vec{\omega})\, d\tau.$$

Et il reste

$$\vec{R} = \rho\frac{d\vec{I}}{dt} - \rho\vec{\mathcal{A}},$$

$$\vec{H} = \rho\frac{d\vec{J}}{dt} - \rho\vec{\mathcal{B}}.$$

On peut voir là une généralisation large, mais directe, du théorème classique de Joukowsky.

Tous ces résultats s'étendent au cas où D contient des singularités ou des discontinuités, interprétées comme des limites de répartitions tourbillonnaires. En particulier, un *doublet hydrodynamique* de moment $\vec{L}$, localisé en un point P contribue respectivement aux expressions de $\vec{I}$ et $\vec{J}$ par les quantités $\vec{L}$ et $\overrightarrow{OP} \wedge \vec{L}$.

D'une manière générale, d'ailleurs, si la structure tourbillonnaire de D est *fermée*, on peut montrer que les intégrales $\vec{I}$ et $\vec{J}$ sont respectivement la résultante et le moment résultant d'un *torseur* indépendant du choix de l'origine O que nous appelons par extension le *torseur de polarisation* du système matériel.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Étude des écoulements gazeux au voisinage de la vitesse du son*. Note (*) de M. **Henri Cabannes**, présentée par M. Joseph Pérès.

Les équations qui déterminent dans le plan de l'hodographe le mouvement plan permanent irrotationel d'un fluide parfait compressible sont les suivantes :

(1) $$\frac{\partial\theta}{\partial\varphi} = \frac{\partial u}{\partial\psi}, \qquad \frac{\partial\theta}{\partial\psi} = A(u)\frac{\partial u}{\partial\varphi},$$

(*) Séance du 27 juin 1949.

q et θ étant les composantes polaires de la vitesse, on a posé

$$u = \int_{q^*}^{q} \frac{\rho}{\rho^*} \frac{dq}{q}, \qquad A(u) = -\frac{\rho^{*2}}{\rho^2}\left(1 - \frac{q^2}{a^2}\right).$$

Nous représentons par p, ρ et a la pression, la densité et la vitesse du son; l'astérisque désigne l'état critique. Les variables φ et ψ sont le potentiel des vitesses et la fonction de courant. En adoptant pour le fluide la loi de compressibilité adiabatique, un certain nombre de solutions exactes du système (1) furent construites; aucune n'a permis de représenter le mouvement d'un fluide dans une tuyère. La raison, donnée par Ligthill ([1]), est la suivante : dans un tel écoulement la fonction de courant est une fonction multiforme des variables hodographiques. Il est alors intéressant de déterminer une loi de compressibilité, traduisant les phénomènes réels de façon satisfaisante et telle que nous sachions construire des solutions multiformes, pour l'équation aux dérivées partielle que vérifie la fonction de courant.

1. Si l'on adopte la loi de compressibilité adiabatique, on peut écrire au voisinage de la vitesse du son

$$A(u) = (k+1)\,u + \ldots,$$

où k désigne le rapport des chaleurs spécifiques. Nous déterminons alors une nouvelle loi de compressibilité par la condition $A(u) = (k+1)\,u$. La densité et la pression ont les expressions

$$\frac{\rho^*}{\rho} = -\frac{\tau\alpha'_0(q_1) - \alpha'_1(q_1)}{\alpha_0(q_1) - \dfrac{\alpha_1(q_1)}{\tau}},$$

$$\frac{p}{p^*} = \frac{\alpha_0(q_1) - \tau^2\alpha_1(q_1)}{\alpha_0(q_1) - \dfrac{\alpha_1(q_1)}{\tau}},$$

dans lesquelles $q_1 = \tau u$ et $\tau^3 = k+1$; les fonctions α_0 et α_1 étant liées aux fonctions de Bessel d'indice 1/3 :

$$3^{\frac{1}{3}}\left(-\frac{1}{3}\right)!\,\alpha_0(q_1) = \sqrt{q_1}\,J_{-\frac{1}{3}}\left(\frac{2}{3}\,q_1^{\frac{3}{2}}\right),$$

$$3^{\frac{2}{3}}\left(-\frac{2}{3}\right)!\,\alpha_1(q_1) = \sqrt{q_1}\,J_{\frac{1}{3}}\left(\frac{2}{3}\,q_1^{\frac{3}{2}}\right).$$

La loi de compressibilité ainsi définie et la loi adiabatique sont osculatrices au point sonique. Les phénomènes réels sont donc représentés avec une bonne approximation au voisinage de la vitesse du son.

2. Adoptant cette loi de compressibilité, la fonction de courant est solution d'une équation de Tricomi :

$$(2) \qquad \frac{\partial^2\psi}{\partial q_1^2} - q_1\frac{\partial^2\psi}{\partial\theta^2} = 0,$$

---

(1) *Proceedings of the Royal Society*, A, 191, 1947.

pour laquelle le système (1) permet de construire des solutions multiformes; il suffit de poser

$$q_1 = \sum_{n=0}^{\infty} \psi^n \beta_n(\varphi).$$

Les fonctions β_n sont déterminées de proche en proche par une suite infinie d'équations différentielles. Par exemple, lorsque $\beta_0 = \varphi$, $\beta_1 = 0$, on obtient la solution algébrique

$$\psi^3 - 3q_1\psi + 3\theta = 0.$$

Cette fonction possède une ou trois déterminations réelles; elle représente, au voisinage de la vitesse du son, l'écoulement plan, permanent, irrotationnel d'un fluide parfait compressible dans une tuyère. De tels écoulements furent aussi construits par Ligthill, à l'aide de développements limités.

GÉODÉSIE. — *Évaluation des distances orthodromiques terrestres.* Note de M. **Michel Dupuy**, présentée par M. Gaston Fayet.

Andoyer a donné une formule simple pour le calcul approché des distances orthodromiques terrestres, exposée en détail par l'auteur [1] et publiée par l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*.

En reprenant la méthode, telle qu'Andoyer l'a exposée, on peut parvenir à une autre formule simple donnant la distance $\mathcal{D}$ entre deux points A et B,

$$\mathcal{D} = \mathcal{A} \sin^2 Z_E + \mathcal{M} \cos^2 Z_E,$$

où $\mathcal{A}$ représente la valeur du terme principal d'Andoyer (d_0); $\mathcal{M}$, le développement du Méridien terrestre entre les deux latitudes ω_A et ω_B correspondant aux abscisses curvilignes de A et B sur le grand cercle sphérique AB, en partant de l'Équateur; Z_E étant l'azimut équatorial de ce grand cercle AB.

Ci-dessous un exemple numérique pour le cas de Paris-New-York.

Données.

A. Paris, $L_A = 48°50'11''$, $\Delta M = 76°18'40''$; B. New-York, $L_B = 40°45'23''$.

Calcul sphérique.

$$\cos\Delta\omega = \sin L_A \sin L_B + \cos L_A \cos L_B \cos\Delta M, \qquad \sin\omega_A = \sin L_A \sec Z_E,$$

$$\sin Z_E = \cos L_A \cos L_B \sin\Delta M \operatorname{cosec}\Delta\omega, \qquad \sin\omega_B = \sin L_B \sec Z_E,$$

Vérification : $\omega_B - \omega_A = \Delta\omega$.

Pour le cas présent,

$$\Delta\omega = 58^{gr},27614, \qquad \omega_A = 79^{gr},99195,$$

$$Z_E = 41,84884, \qquad \omega_B = 138,26809;$$

$$\mathcal{A} = (100,1914844) \times \Delta\omega = 5838^{km},77, \qquad \sin^2 Z_E = 0,37335,$$

$$\mathcal{M} = (13\,845,01 - 7991,54) = 5\,853,47, \qquad \cos^2 Z_E = 0,62665,$$

$$\mathcal{D} = \mathcal{A}\sin^2 Z_E + \mathcal{M}\cos^2 Z_E = 5847,98$$ (pour $5\,847^{km},987$, valeur exacte obtenue par la méthode classique d'approximations successives).

[1] *Bulletin géodésique*, 34, 1932, p. 1.

La nouvelle formule peut être vérifiée sur celle d'Andoyer, en constatant l'identité des deux premiers termes du développement en série ordonné selon les puissances croissantes de l'aplatissement α.

Pour l'évaluation d'une limite supérieure du reste, on a effectué des pointages le long de la Géodésique d'Azimut Équatorial $\pi/4$, laquelle doit, en théorie, présenter les écarts les plus grands, puisque la formule est rigoureuse sur l'Équateur et les Méridiens. Voici les résultats obtenus :

Distances depuis l'Équateur jusqu'à un point M défini par l'une des abscisses curvilignes (sphériques) entières de 20^{gr} en 20^{gr} (notation ω).

Correction à appliquer à la valeur calculée par la formule approchée :

M (ω)...	0.	20.	40.	60.	80.	100.	120.	140.	160.	180.	200.
Correction (en mètres).	0	+12	+26	+38	+35	+27	+10	−10	−46	−174	$-2^{km},9$

Calcul analogue, les arcs prenant leur origine au vertex ($\omega = 100$) :

M (ω).....	100.	120 (ou 80).	140 (ou 60).	160 (ou 40).	180 (ou 20).	200 (ou 0)
Correction (en mètres)...	0	−7	−5	+1	+8	+27

Dans la plupart des cas, l'écart ne dépassera pas une cinquantaine de mètres ; le cas d'exception se présentant lorsque les deux extrémités de l'arc sont quasi-antipodes au voisinage de l'Équateur. Lorsque la géodésique étudiée est tout entière comprise aux latitudes supérieures à 30°, l'erreur relative de la formule reste inférieure à 1/150000.

Au point de vue pratique, la précision obtenue est meilleure que celle de la détermination physique du problème, du fait des incertitudes sur la forme et les dimensions exactes de la Terre. La formule approchée fournit donc en particulier une solution simple de l'évaluation des distances pour l'Aéronautique et pour la Radiotélégraphie.

Une méthode pratique, à cet égard, consisterait à calculer à l'avance un abaque des distances. Cet abaque pourrait, grâce à la structure des formules approchées, être établi sur le canevas de l'un des calculateurs sphériques classiques. En effet, on vient de montrer qu'à l'ordre de précision qui nous intéresse, la métrique de l'ellipsoïde terrestre peut se déduire de la métrique d'une sphère par correspondance ponctuelle conservant les longitudes et les latitudes.

ASTRONOMIE. — *Libration physique de la Lune.*

Note (*) de M. **Théophile Weimer**, présentée par M. André Danjon.

P. Puiseux avait publié dans les *Annales de l'Observatoire de Paris*, t. 32, une étude de la libration physique de la Lune, basée sur 40 clichés obtenus au

(*) Séance du 4 juillet 1949.

grand équatorial coudé. Malheureusement, par suite d'une faute de signe dans l'expression de la parallaxe, ses résultats n'ont aucune valeur.

M[me] Chandon a refait les calculs avec les formules correctes, mais ses conclusions sont en complet désaccord avec celles de tous les autres auteurs. En examinant les choses de plus près, il nous a semblé que cette divergence pourrait s'expliquer par un mauvais choix des cratères ayant servi à la réduction. En effet, Puiseux avait choisi ces cratères dans une *petite* région située le plus souvent au voisinage du terminateur. Cette manière de procéder donne lieu à des erreurs systématiques importantes : l'appréciation du centre d'un cratère dépend d'autant plus de l'éclairage que celui-ci est plus oblique. D'où erreur sur les angles de position et partant sur les valeurs de la libration mesurée. Si l'on veut éviter ce genre d'erreur, il convient de faire les réductions avec des cratères ayant des positions bien définies et répartis de façon judicieuse.

Un travail antérieur nous avait fourni les éléments nécessaires à la détermination des longitudes et latitudes sélénographiques, ainsi que des distances au centre du globe de 72 cratères.

Les mesures ont été faites en coordonnées rectangulaires par rapport au réseau imprimé sur les clichés. La méthode de réduction est, à une légère variante près, celle employée par Puiseux. Toutefois, nous avons corrigé certaines de ses données, en particulier g, g', ω, qui avaient été calculés en prenant comme origine des temps 1800 janv. 1 au lieu de 1800 janv. 0. Nous avons admis pour l'inclinaison I de l'équateur lunaire sur l'écliptique la valeur de Franz : $1^\circ 31' 22''$. Les résultats obtenus se trouvent condensés dans le tableau ci-dessous :

Dates.	O–C long.	O–C lat.	Dates.	O–C long.	O–C lat.
10 déc. 94...	+0°,028	+0°,033	3 août 01...	+0°,008	+0°,004
4 mars 95...	— 46	+ 12	13 avril 02...	— 27	— 25
5 mars 95...	— 37	+ 16	17 avril 02...	— 28	— 23
9 sept. 95...	— 12	+ 6	27 août 02...	— 7	— 23
23 fév. 96...	— 26	+ 5	23 oct. 02...	+ 11	— 42
29 sept. 96...	— 3	— 14	3 avril 03...	— 54	— 16
11 avr. 97...	— 30	— 44	5 avril 03...	— 70	— 15
28 janv. 98...	— 5	— 26	12 sept 03...	+ 19	— 23
30 mars 98...	— 40	— 8	23 fév. 04...	— 26	— 7
28 avril 98...	— 35	— 1	20 avr. 04...	+ 7	— 16
2 sept. 98...	+ 69	— 28	3 sept. 04...	+ 16	+ 5
16 fév. 99...	— 20	+ 3	15 avr. 05...	— 45	+ 12
16 mars 99...	+ 4	+ 6	20 oct. 05...	+ 5	+ 19
22 sept. 99...	+ 44	+ 21	6 oct. 06...	+ 2	+ 17
14 nov. 99...	+ 28	+ 13	24 mars 07...	— 6	— 5
8 fév. 00...	— 26	+ 7	13 sept. 08...	+ 55	— 27
13 août 00...	+ 3	— 1	14 sept. 08...	+ 3	— 38
13 sept. 00...	— 17	— 11	27 avr. 09...	— 2	— 37
12 oct. 00...	+ 21	— 18	30 avr. 09...	— 21	— 34
25 avr. 01...	—0°,008	+0°,019	29 mai 09...	—0°,013	—0°,032

O-C : libration observée moins libration calculée (optique) = libration physique. La libration observée est la moyenne des valeurs données par les différents cratères mesurés sur le cliché.

Pour le calcul des constantes de la libration physique, nous employons la méthode de Stratton, mais les coefficients des équations de condition sont ceux de Koziel.

En admettant que $f = 0,50$ [$f = (C-B)B : A(C-A)$. — A, B, C : Moments d'inertie principaux de la Lune], ces équations s'écrivent (notations de Puiseux) :

$$dl = O - C = +0^\circ,0062 \sin g - 0^\circ,0366 \sin g' + 0^\circ,0021 \sin 2\omega + 0^\circ,0039 \sin 2(\omega - \omega' - g') + [-0^\circ,0017 \sin g - 0^\circ,0878 \sin g' + 0^\circ,0086 \sin 2\omega - 0^\circ,0081 \sin 2(\omega - \omega' - g')]\, df + \cos(\omega + g + l)\,\mathrm{tg}\, b\, dI.$$

$$db = O - C = +0^\circ,0247 \sin(\omega + l) + 0^\circ,0024 \sin(\omega - l) - 0^\circ,0031 \sin(\omega + g - l) + [0^\circ,0214 \sin(\omega + l) + 0^\circ,0320 \sin(\omega - l)]\, df - \sin(\omega + g + l)\, dI.$$

Des calculs préliminaires des erreurs d'observations nous ont conduit à attribuer aux équations de longitude le poids 1 et aux équations de latitude le poids 2,6.

Nous obtenons ainsi, en résolvant l'ensemble des 80 équations de condition par la méthode des moindres carrés, $df = +0,07$; $dI = +0^\circ,009$.

D'où $f = 0,57 \pm 0,04$; $I = 1^\circ 31' 25'' \pm 10''$.

Nous trouvons les mêmes résultats en partant de $f = 0,73$. Enfin, en attribuant le même poids aux équations de longitudes et aux équations de latitudes : $f = 0,61$; $I = 1^\circ 31' 27''$; valeurs peu différentes des précédentes.

Ces résultats se rapprochent davantage de ceux de Franz ($f = 0,49$, $I = 1^\circ 31' 22''$) que de ceux de Hayn et de ses disciples ($f = 0,73$, $I = 1^\circ 32' 20''$). Pourtant il serait prématuré de leur attribuer un poids élevé, car un point faible subsiste au départ : les positions des cratères et leurs distances au centre de la Lune. Une discussion des résidus donnés par chaque cratère permettra vraisemblablement d'améliorer ces données. Des nouvelles mesures sur une autre série de clichés permettront alors d'obtenir des résultats plus concluants. En somme, le présent travail n'a fait que déblayer la voie, en montrant toutefois que les observations photographiques, moyennant quelques précautions dans le choix des cratères, peuvent donner des résultats aussi précis que les observations à l'héliomètre.

ASTROPHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur une méthode d'étude des propriétés absorbantes des atmosphères stellaires.* Note (*) de M[lle] **Renée Canavaggia**, MM. **Daniel Chalonge** et **Vladimir Kourganoff**, présentée par M. André Danjon.

1. La méthode de Lundblad qui permet l'étude semi-empirique des propriétés absorbantes du Soleil ([1]) est inapplicable dans le cas de l'immense majorité des étoiles dont on ignore la loi d'assombrissement.

Nous allons montrer que la relation approchée d'Eddington-Barbier récemment analysée par l'un de nous ([2]) et d'après laquelle le flux monochromatique $F_\lambda(o)$ à la surface est égal à la fonction source $B_\lambda(\tau_\lambda)$ à la profondeur optique $\tau_\lambda = 2/3$, permet d'obtenir, dans le cas général, des informations utiles, bien que d'un caractère plus qualificatif, sur ces propriétés absorbantes.

Cette relation, rigoureuse lorsque B_λ est une fonction linéaire de τ_λ, reste, en effet, valable avec une précision suffisante en première approximation (de l'ordre de 20 %), pour un très large ensemble de fonctions B_λ *non linéaires*, physiquement acceptables. On peut donc déterminer, pour chaque longueur d'onde λ, la température T pour laquelle $\tau_\lambda = 2/3$. Il suffit pour cela de résoudre par rapport à T l'équation

$$F_\lambda(o) = B_\lambda(T), \qquad (1)$$

où $B_\lambda(T)$ représente la fonction de Planck.

Les variations de la fonction $T(\lambda)$ ainsi obtenue sont susceptibles d'une interprétation physique très simple. En effet, T correspondant à une profondeur optique constante, les fonctions $T(\lambda)$ et $\varkappa_\lambda$, coefficient d'absorption de la matière stellaire, varient toujours en sens inverse. En d'autres termes, la température T varie toujours dans le même sens que la transparence moyenne de la partie de l'atmosphère comprise entre la surface et la couche de température T.

Si l'on applique la méthode au Soleil, en ne faisant intervenir que son flux global $F_\lambda(o)$ (seule donnée que l'on possède dans le cas des étoiles), on retrouve avec exactitude le maximum d'opacité à 9000 Å (minimum de T égal à 5700°) et le minimum vers 16000 Å (maximum de T égal à 6550°) qu'avait fourni la méthode plus précise citée plus haut ([1]).

2. Nous allons voir maintenant comment l'introduction de la température T définie ci-dessus permet de relier les variations des propriétés absorbantes d'une atmosphère stellaire, aux changements de la température de couleur de l'étoile avec la longueur d'onde.

(*) Séance du 4 juillet 1949.
([1]) D. Chalonge et V. Kourganoff, *Ann. Astroph.*, 9, 1946, p. 69.
([2]) V. Kourganoff, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1931.

La température de couleur d'un spectre continu stellaire pour une longueur d'onde λ s'obtient à partir du coefficient angulaire $[d\log F_\lambda(0)/d(1/\lambda)]$ de la tangente au point d'abscisse $1/\lambda$ à la courbe représentant la variation de $\log F_\lambda(0)$ en fonction de $1/\lambda$. Si l'on dérive par rapport à $1/\lambda$ les logarithmes des deux membres de l'équation (1) (dans laquelle T est fonction de λ), on obtient, en se contentant, pour représenter B_λ, de l'approximation de Wien

$$(2)\qquad \frac{d\log F_\lambda(0)}{d\left(\frac{1}{\lambda}\right)} = 5\lambda - \frac{c_2}{T} + \frac{c_2}{\lambda T^2}\frac{dT}{d\left(\frac{1}{\lambda}\right)}.$$

Exprimons que T_c est la température de couleur pour la longueur d'onde λ

$$(3)\qquad \frac{d\log F_\lambda(0)}{d\left(\frac{1}{\lambda}\right)} = \frac{d\log B_\lambda(T_c)}{d\left(\frac{1}{\lambda}\right)}.$$

En faisant la même approximation et T_c étant indépendant de λ, la relation (3) conduit immédiatement à la formule

$$(4)\qquad \frac{1}{T} - \frac{1}{T_c} = \frac{1}{\lambda T^2}\frac{dT}{d\left(\frac{1}{\lambda}\right)};$$

On en déduit les conséquences suivantes :

1° Si le coefficient d'absorption moyen $\varkappa_\lambda$ de la matière stellaire est fonction croissante de λ, le second membre de (4) est positif et, par suite, la température de couleur T_c est supérieure à la température T de l'étoile à la profondeur $T_\lambda = 2/3$. Si $\varkappa_\lambda$ est fonction décroissante de λ, la conclusion est inverse. Si $\varkappa_\lambda$ passe par un maximum, la température de couleur doit donc être plus grande dans le domaine spectral qui précède le maximum que dans celui qui le suit. Cette conclusion se vérifie très bien pour le Soleil : entre 3700 et 9000 Å, la température de couleur moyenne est égale à 6600°, alors que T reste compris entre 6200 et 5700°, entre 9000 et 16500 Å la température de couleur tombe à 4250°, alors que T varie entre 5700 et 6550°. Cette variation constitue une traduction de plus des propriétés absorbantes de H^-.

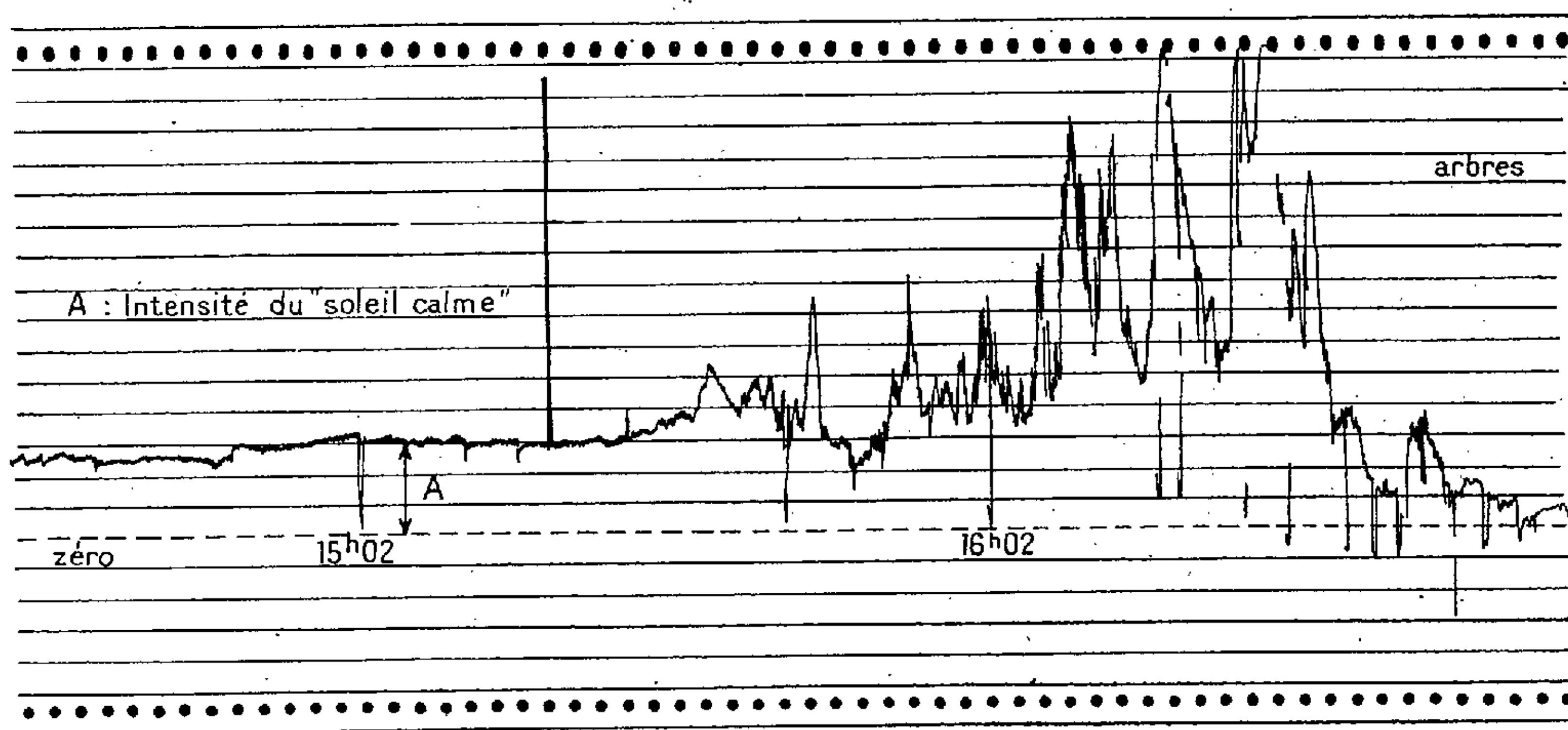
2° Dans le *cas gris* ou lorsque $\varkappa_\lambda$ passe par un maximum ou un minimum, le second membre de (4) s'annule : la température T est alors identique à la température de couleur. Dans ces conditions, une mesure de cette dernière fournit, par l'intermédiaire de l'équation (1), la valeur de $F_\lambda(0)$ *en unités absolues*.

Cette nouvelle donnée serait susceptible de fournir des renseignements précieux : elle permettrait par exemple la détermination du rayon d'une étoile de parallaxe connue.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur une recrudescence exceptionnellement importante de l'émission radioélectrique solaire dans la journée du 8 mai 1949.* Note (*) de MM. **Marius Laffineur** et **Roger Servajean**, présentée par M. Bernard Lyot.

Le radiorécepteur solaire installé à l'Observatoire de Meudon par les soins de l'Institut d'Astrophysique de Paris et du Centre national de la Recherche scientifique, a enregistré le dimanche 8 mai 1949 de 15^h18^m à 17^h00^m T. U. un *sursaut* de l'intensité du rayonnement sur la longueur d'onde de $54^{cm},5$. Le phénomène était remarquable par son amplitude et surtout par sa durée.

L'enregistrement, commencé au lever du Soleil, montrait déjà à 13^h17^m un sursaut de faible durée et d'intensité 2, à 15^h18^m une brève et intense recrudescence eut lieu, d'une durée de 10 secondes et d'amplitude 4,7 (l'unité étant le rayonnement permanent moyen de la journée), valeur considérable pour cette longueur d'onde. Huit minutes plus tard, à 15^h26^m, l'intensité augmenta lentement et d'une façon continue comme le montre le graphique de la figure 1,



Sursaut radioélectrique solaire du 8 mai 1949 enregistré à l'Observatoire de Meudon sur $\lambda = 55,4$ cm.

atteignant par instants la limite imposée par les dimensions de la bande de papier, c'est-à-dire 5 fois le rayonnement du Soleil calme. Rarement sursaut d'une telle intensité fut observé depuis la mise en service continu de l'appareil en février dernier et jamais d'une telle durée. Le Soleil, se couchant, passa derrière un rideau d'arbres et la fin du phénomène fut ainsi, vers 17^h00^m, pratiquement masquée pour le radiorécepteur.

(*) Séance du 20 juin 1949.

L'observateur du spectrohéliographe, qui ne put être prévenu qu'à ce moment mit rapidement son appareil en action et aperçut, au spectrohélioscope, une belle éruption très intense quoique, à ce moment, moins brillante et surtout moins étendue que la perturbation maintenant classique du 25 juillet 1946.

Un premier spectrohéliogramme en radiation H_α en fut obtenu à $17^h 15^m$. L'éruption s'y présente sous la forme de deux filets brillants s'étendant entre 14° et 21° de latitude S, 42° et 35° de longitude E. Son importance à ce moment peut être évaluée >2 dans l'échelle de 1 à 3 habituellement usitée. Elle est située dans une plage faculaire signalée dans l'Ursigramme du jour, en raison de ce phénomène, d'importance 2 (échelle de 1 à 3). Cette plage était née dans l'hémisphère invisible, elle était donc âgée de 4 à 17 jours.

Six autres clichés furent pris à $17^h 28^m$, 32^m, 37^m, 47^m, 50^m, 53^m montrant une diminution rapide d'intensité entre $17^h 15^m$ et $17^h 28^m$, puis une légère recrudescence vers $17^h 47^m$; à $18^h 04^m$ l'éruption était encore bien visible et évaluée 1. Les observations cessèrent alors par suite du coucher du Soleil.

Les phénomènes simultanés sur lesquels nous avons pu réunir une documentation sont :

1° Un renforcement du nombre des parasites d'origine atmosphérique sur 11500^m de longueur d'onde, enregistré simultanément à Bagneux, Bordeaux, Poitiers, Rabat par le Laboratoire National de Radioélectricité.

2° Un évanouissement des transmissions à ondes courtes de Leipzig sur 9732 kc/sec et de WWV (Washington) sur 15000 kc/sec enregistrées au LNR à Bagneux.

3° Un très petit crochet sur l'enregistrement de la composante verticale du champ magnétique terrestre (Observatoire de Chambon-la-Forêt). Cette petite indentation passerait inaperçue en temps ordinaire, mais elle coïncide avec le sursaut bref de $15^h 18^m$.

Les phénomènes consécutifs pouvant être rattachés avec quelque vraisemblance à cette importante manifestation de l'activité solaire sont :

1° Un abaissement de la fréquence critique déduit des sondages ionosphériques (B.I.F.) [1], observé le 11 mai à $4^h 00^m$ cet abaissement a été le début d'une perturbation de la hauteur des couches ionisées et particulièrement de la couche F_2 qui atteignit une altitude inhabituelle le 13 mai de $6^h 00^m$ à $7^h 00^m$ T. U. Cette perturbation s'est prolongée jusqu'au 16 mai.

2° Le 11 mai à $2^h 00^m$, un décrochement brusque de la composante horizontale et les 12 et 13 mai un violent orage magnétique ont été observés à Chambon-la-Forêt.

---

(1) Bureau Ionosphérique Français.

Nous signalons ces phénomènes malgré le grand décalage dans le temps, car nous n'avons observé entre le 8 et le 16 mai aucun autre phénomène solaire important pouvant leur être rattaché (²).

ASTROPHYSIQUE. — *Sur les déplacements latéraux des granules photosphériques.* Note de M. **Constantin Macris**, présentée par M. Bernard Lyot.

Les recherches sur cette question ont été inaugurées par Hansky (¹) et Chevalier (²) et les résultats furent importants.

Les déplacements latéraux observés par Hansky correspondent à une vitesse de 4 km/sec. Chevalier a trouvé aussi une vitesse de l'ordre de 8 km/sec, mais il attribue ces déplacements à des mouvements apparents, dus exclusivement à des causes accidentelles, telles que l'agitation atmosphérique, les courants d'air chauds au voisinage du foyer, etc.

J. Corn (³), au contraire, considère comme réels les déplacements latéraux des granules mesurés par les auteurs précédents. P. ten Bruggencate et W. Grotrian (⁴) acceptent l'opinion de Chevalier; il leur paraît vraisemblable d'attribuer le déplacement sinusoïdal trouvé par Hansky à des petites erreurs sur le centre de la tache prise comme origine. Ces erreurs seraient provoquées par les déformations de la tache.

A notre avis, le problème n'est donc pas encore résolu et la question reste ouverte.

Cette étude exigerait en effet des conditions atmosphériques excellentes et l'emploi d'une lunette à long foyer à laquelle il faudrait adapter un appareil permettant d'obtenir une série de photographies de la surface solaire en des intervalles de temps très rapprochés (toutes les 10 secondes environ).

Ces conditions ont été réalisées en 1943 par M. B. Lyot à l'Observatoire du Pic du Midi, ce qui, à notre connaissance, n'avait jamais été fait jusqu'à maintenant. M. Lyot a pris une grande série d'images de la photosphère, séparées l'une de l'autre par des intervalles de 10 secondes. Il a utilisé la lunette de 23^{cm} d'ouverture. Les images agrandies par une lentille divergente étaient projetées sur film cinématographique positif Gevaert, au travers d'un filtre vert jaune. Le diamètre solaire était de $267^{mm},5$.

(²) Au moment de la mise sous presse nous apprenons que le 9 mai, entre 19^h43^m et 22^h20^m (T. U.), une éruption d'importance 3 fut observée, dans la même plage faculaire, à l'observatoire Mac Math (U. S. A). Le Soleil était, à ce moment, inobservable à Meudon.

(¹) *Pulkovo Mitt.*, 3, 1908, p. 1.

(²) *Ann. Zô-Sé*, 8, 1912, p. C_{15}.

(³) *A. N.*, vol. 263, n° 6308, 1937, p. 398.

(⁴) *Zeits. f. Ap.*, 14, 1937, p. 341.

Nous avons utilisé le film du 15 mai 1943, et sélectionné une série de 67 images consécutives. La première a été prise à $6^h 19^m 20^s$, la dernière à $6^h 30^m 20^s$. Dans cette série la qualité des images est satisfaisante.

Notre méthode de réduction nous a permis d'éliminer toutes les causes d'erreur et en particulier l'agitation atmosphérique. Ce procédé exige une vie moyenne des granules supérieure à 5 minutes. En effet pour les grains que nous avons choisis, celle-ci dépassait 7 minutes.

Une petite tache T_1 a été prise pour origine des coordonnées et 25 grains ont été choisis, identifiés sur presque toutes les images et mesurés par rapport à cette tache. Parmi ces 25 grains, 13 ont été mesurés aussi par rapport à une autre petite tache T_2.

Nous avons effectué les mesures, à l'aide d'un micromètre, sur le premier tirage positif, obtenu sur film Agfa à grains extrêmement fins. (Émulsion positive pour le son.)

Les résultats sont réunis dans le tableau ci-dessous. La deuxième et la troisième colonnes donnent la vitesse moyenne des grains mesurés séparément pour les deux axes X et Y. La quatrième, l'erreur provenant à la fois de la méthode utilisée et des mesures.

	Vitesses		
Nombre des grains mesurés.	Axe X.	Axe Y.	Erreur.
Par rapport à la tache T_1, 25.....	521 m/sec	357 m/sec	± 668 m/sec
Par rapport à la tache T_2, 13.....	553	448	± 678

D'après ce tableau on voit que les déplacements latéraux des granules, sur les deux axes, restent toujours inférieurs à l'erreur due aux méthodes de calcul et d'observation.

La conclusion que nous pouvons tirer de nos mesures est donc la suivante :

Les déplacements latéraux des granules sur la surface solaire n'existent pas. Les grains naissent et meurent sur place; ces formations photosphériques sont impropres à manifester l'existence de courants de matière dans la photosphère solaire.

HAUTE FRÉQUENCE. — *Un pont à haute fréquence simplifié pour l'observation de la résonance magnétique nucléaire.* Note (*) de MM. **Pierre Grivet**, **Michel Soutif** et **Maurice Buyle**, présentée par M. Jean Cabannes.

La méthode préconisée par Purcell et Pound ([1]) dès l'origine pour étudier la résonance magnétique nucléaire est d'un principe excellent, mais d'une application délicate: les variations apparentes de l'inductance ou de la résistance

(*) Séance du 20 juin 1949.

([1]) Bloembergen, Purcell et Pound, *Phys. Rev.*, **73**, 1948, p. 679.

d'une bobine qu'il s'agit de mesurer sont dans beaucoup de cas si petites que les variations de tension qui les manifestent ne s'élèvent pas beaucoup au-dessus du niveau des fluctuations thermiques de tension qui prennent naissance dans la résistance de la bobine. Une observation nette du phénomène exige alors un équilibrage minutieux du pont haute fréquence et un blindage rigoureux de toutes ses parties contre les perturbations extérieures.

Nous avons essayé de rendre ces deux opérations plus faciles en simplifiant les circuits et en adoptant un schéma dit *à basse impédance* où l'on fait usage de la résonance dans un circuit *série* au lieu de la combinaison *parallèle*.

Nous avons adopté pour cela le schéma en té ponté de la figure 1 qui se

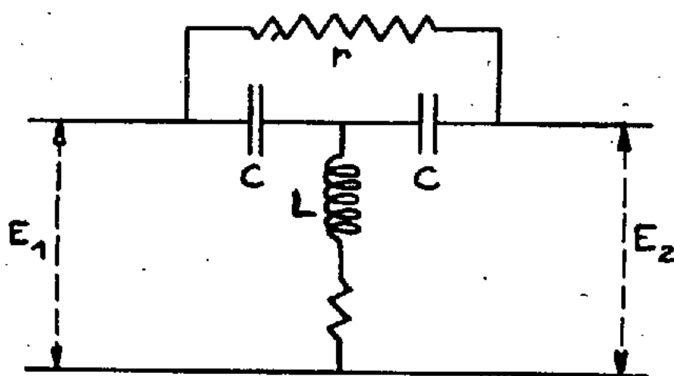


Fig. 1.

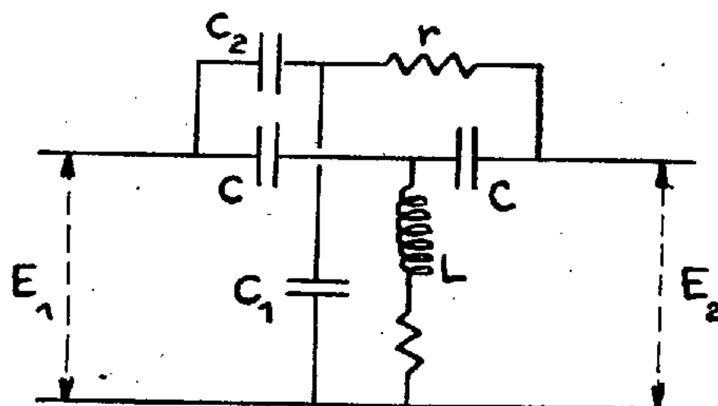


Fig. 2.

trouve équilibré ($E_2/E_1 = 0$) lorsque l'on a $r_1 = 4r$, $2CL = 4\pi^2 f^2$ comme on peut le voir dans une étude ancienne de Tuttle (²) (f est la fréquence de la source qui alimente le pont). Au voisinage de l'équilibre la courbe qui représente E_2 en fonction de L (ou de f) présente un minimum très aigu dont on peut caractériser la largeur par un coefficient de qualité Q, que l'on trouve être égal à $Q'/2$, c'est-à-dire peu différent du coefficient Q' caractéristique de la résonance parallèle, de même bobine (L, r) accordée par la capacité $2C$; la sensibilité de E_2 aux variations de L ou de r est donc la même que dans le montage original de Purcell et Pound.

L'impédance apparente du pont, vue de l'entrée ou de la sortie, est très basse de l'ordre de r; cette propriété est commode pour faire sortir les deux connections d'entrée et de sortie à travers le blindage, mais elle interdit de brancher la sortie directement à la première grille de l'amplificateur de mesure; la résistance équivalente de bruit de l'amplificateur serait alors trop élevée (200Ω au moins) devant la résistance interne du pont (1 Ω environ); il est facile d'obtenir un couplage beaucoup plus favorable à l'obtention d'un bon rapport signal sur bruit de fond, en reliant le pont à l'entrée de l'ampli par un morceau de câble HF résonant en mode quart d'onde raccourci (environ 240cm dans nos expériences); le même expédient facilite le couplage à la source à l'entrée; l'appareil se trouve ainsi commodément décomposé en trois morceaux séparément blindés et reliés par quelques mètres de câbles.

(²) *P. I. R. E.*, **28**, janv. 1940, p. 23-30.

Aux hautes fréquences envisagées ($20\,MH_z$) il est délicat de construire une résistance variable et stable de quelques ohms comme il est nécessaire pour r_1 : mais avec Tuttle on peut tourner cette difficulté en employant le schéma 2 dont les propriétés sont très voisines de celles du premier et où le réglage de r_1 est remplacé par celui de C_1.

Observant la résonance des protons dans l'eau et diverses solutions, à la fréquence de $20\,MH_z$ nous avons obtenu de bons résultats en adoptant les valeurs suivantes pour les divers éléments de montage.

L, diamètre : 1^{cm}; longueur : 1^{cm}; n spires : 10;
$C = 25$ pf; $r_1 = 6{,}5\,\Omega$; $C_1 = 15$ pf.

L'accord du pont était réalisé en changeant la fréquence de la source qu'il est facile de rendre simultanément stable et ajustable; l'affaiblissement du



Fig. 3.

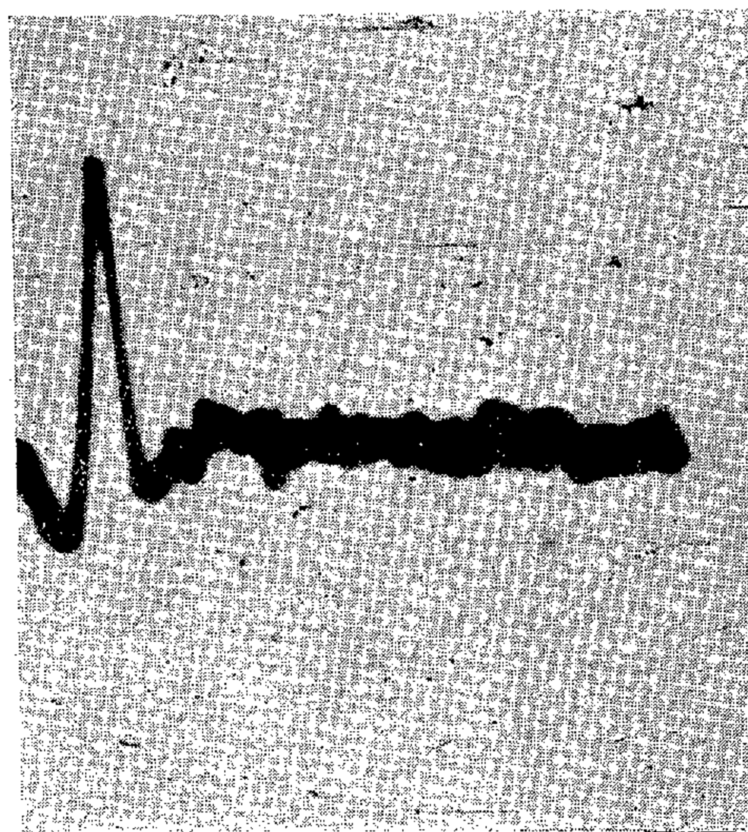


Fig. 4.

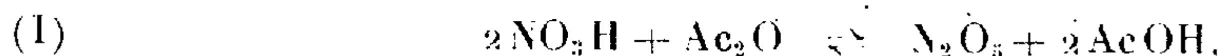
pont est réglé par C_1 et ces deux réglages indépendants permettent de faire apparaître à volonté la courbe de dispersion (ΔL) (*fig.* 3) ou celle d'absorption (Δr) (*fig.* 4).

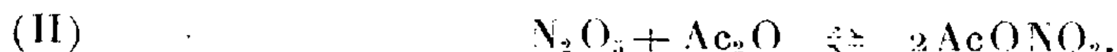
EFFET RAMAN. — *Sur les mélanges de* NO_3H *pur et d'anhydride acétique.* Note (*) de M. **Jean Chédin** et Mme **Suzanne Fénéant**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les spectres Raman des mélanges d'anhydride acétique (Ac_2O) et de NO_3H pur ont été obtenus vers $-10°$, ainsi que celui du nitrate d'acétyle ($AcONO_2$)

(*) Séance du 4 juillet 1949.

préparé selon A. Pictet (¹). Les deux réactions suivantes rendent compte des raies observées :


(I) $2 NO_3H + Ac_2O \rightleftarrows N_2O_5 + 2 AcOH.$

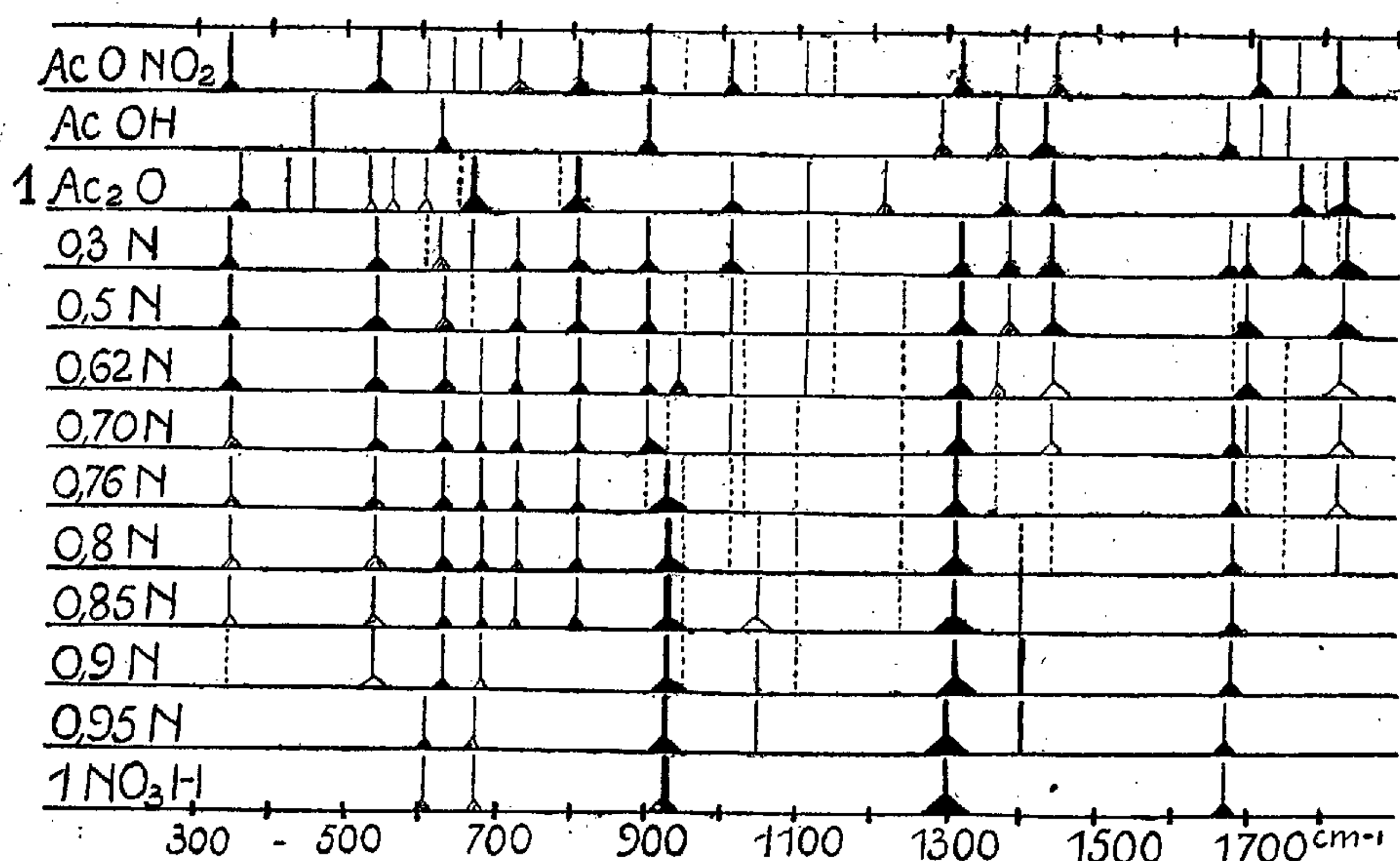

(II) $N_2O_5 + Ac_2O \rightleftarrows 2 AcONO_2.$

On a vérifié que les deux solutions (en molécules) : $2NO_3H + Ac_2O$ et $2AcOH + N_2O_5$ donnent le même spectre Raman. Il y a donc réversibilité. L'examen de la figure permet l'interprétation suivante (C_A et C_N nombres de molécules Ac_2O et NO_3H dans 1^{mol} totale de mélange, $C_A + C_N = 1$).

1° $1 > C_A \geq 0{,}5$. Aucun des spectres (même $0{,}5\ Ac_2O + 0{,}5\ NO_3H$) ne présente les raies de N_2O_5. On trouve essentiellement celles de Ac_2O, $AcONO_2$, AcOH. Manifestement N_2O_5 formé selon (I) n'est pas stable en présence de Ac_2O en excès, et se transforme selon (II), déplaçant ainsi l'équilibre (I) jusqu'à ce que tout le NO_3H ait été transformé en nitrate d'acétyle. Tout se passe dans cette zone de concentration comme si la réaction globale (III) [(I)+(II)] se faisait presque totalement vers la droite


(III) $NO_3H + Ac_2O \rightarrow AcONO_2 + AcOH.$

Pour $C_A = 0{,}5$ la raie la plus forte de Ac_2O (668) est à peine visible.



2° $C_A < 0{,}5$. Pour $C_A = 0{,}1$, le spectre contient les raies de NO_2OH qui est en grand excès et, très faibles, les raies les plus intenses de $AcONO_2$. Mais en outre, deux raies fortes à 1050 et 1400 cm^{-1} caractérisent la présence de N_2O_5 sous sa forme ionique $NO_3^-NO_2^+$ (²) (³). Dans ce mélange la quantité de Ac_2O

(¹) Pictet, *Comptes rendus*, **144**, 1907, p. 210.

(²) G. M. Bennett, J. C. D. Brand et Gwyn Williams, *J. C. S.*, 1946. p. 869.

(³) R. J. Gillespie, J. Graham, E. D. Hughes, C. K. Ingold et E. R. A. Peeling, *Nature*, **158**, 1946, p. 480.

est assez faible pour qu'il soit presque entièrement transformé selon (I). Il n'en reste plus qu'une très faible quantité pour faire du $AcONO_2$ avec une partie du N_2O_5 formé. Le phénomène est analogue pour $C_A = 0{,}05$ $0{,}16$ et $0{,}20$. Une difficulté subsiste pour C_A compris entre 0,5 et 0,8. La fréquence 1400 de NO_2^+ ne se manifeste pas sur ces spectres. Or, d'après l'interprétation ci-dessus ces mélanges doivent contenir du N_2O_5 et du $AcONO_2$ selon les équilibres (I) et (II). L'examen des tensions de vapeur des mélanges indique d'ailleurs la présence de N_2O_5 (4). Sur ces spectres toutefois une raie se manifeste à 1240 cm^{-1}. Or, dans un travail antérieur (5) l'un de nous a observé que N_2O_5 existe sous forme ionique en solution dans NO_3H mais est sous forme covalente dans les solvants organiques tels que CCl_4, $CHCl_3$, $POCl_3$, avec deux raies particulièrement caractéristiques à 1240 et 1331 cm^{-1}. Nous pensons que sur les spectres en question, 1240 cm^{-1} appartient à N_2O_5 covalent, 1331 ne pouvant être séparée de la large et intense raie 1320 cm^{-1} due aux groupes $-NO_2$ des molécules $AcONO_2$ et NO_2OH non transformées.

Il semble donc que le N_2O_5 existe sous forme ionique dans les mélanges à très haute teneur en NO_3H (et où l'excès non transformé de NO_3H est pratiquement le solvant) et sous forme covalente dans ceux (tels que $C_A = 0{,}75$) où le solvant est un mélange de NO_3H et de molécules organiques (AcOH, $AcONO_2$) en proportions équivalentes. Un spectre non reproduit a précisé que N_2O_5 se dissout dans $AcONO_2$ sous sa forme covalente (1240 cm^{-1}).

Les mélanges à $C_A < 0{,}5$ contiennent donc $AcONO_2$ (qui disparaît pour $C_A < 0{,}1$) AcOH, N_2O_5 (sous ses deux formes en équilibre, selon C_A) et NO_3H. La raie 1240 est présente sur les spectres correspondant à $C_A = 0{,}62$, 0,70, 0,76, 0,80 et même pour $C_A = 0{,}5$ (très faible) signifiant que dans ce dernier il existerait une très faible quantité de N_2O_5 (covalent) à côté du $AcONO_2$ formé selon (III).

RADIOACTIVITÉ. — *Étude de la radioactivité du samarium par la méthode photographique*. Note (*) de M. **Edgard Picciotto**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Depuis la découverte de la radioactivité α du samarium par Hevesy et Pahl (1), plusieurs travaux ont été consacrés à préciser leurs observations [(2) à (21)]. L'isotope responsable semble être Sm^{152} (22), (23).

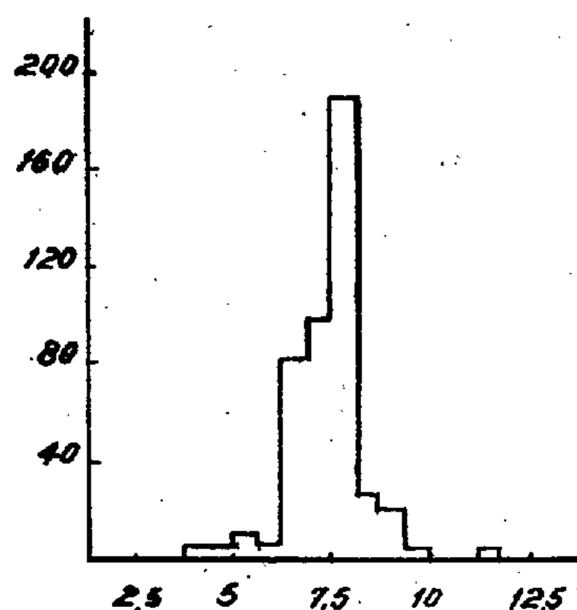
---

(4) Vandoni et Viala, *Mémorial Serv. Chim. de l'État*, **32**, 1946, p. 80.
(5) Chédin, *Ann. Chim.*, **11**, 1937, p. 243.

(*) Séance du 20 juin 1949.
(1) Hevesy et Pahl, *Nature*, **130**, 1932, p. 846.
(2) Hevesy, Pahl et Hosemann, *Z. Phys.*, **83**, 1933, p. 43.

Si tous les auteurs reconnaissent l'existence d'un rayonnement α de faible énergie, l'accord est loin d'être parfait sur les trois points suivants : Parcours dans l'air [de $1^{cm},13$ (2) à $1^{cm},5$ (5)]. Existence d'un second groupe de particules (4), (9), (10), (11), (12), (13). Période [de $6,3.10^{11}$ années (6) à 13.10^{11} (7)].

Nous avons étudié les deux derniers points par la méthode photographique. Les échantillons de $(SO^4)^3Sm^2.8H^2O$ très pur ont été préparés à l'Institut de Chimie de Gênes par le Professeur Mazza.



Étude du parcours. — Les plaques Ilford C_2 de 50 et 100^{μ} ont été immergées 30 à 45 minutes dans des solutions de 0,2 % à 0,4 % (en poids), séchées et conservées à 0° pendant 5 à 15 jours. Environ 5000 particules ont été observées.

---

(3) LYFORD et BEARDEN, *Phys. Rev.*, **45**, 1934, p. 743.
(4) MÄDER, *Z. Phys.*, **88**, 1934, p. 601.
(5) CURIE-JOLIOT, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 360.
(6) LIBBY, *Phys. Rev.*, **46**, 1934, p. 196.
(7) HERZINKFIEL et WRONCBERG, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 133.
(8) PAHL et HOSEMANN, *Naturw.*, **23**, 1935, p. 318.
(9) HOSEMANN, *Z. Phys.*, **99**, 1936, p. 405.
(10) LEWIN, *Nature*, **138**, 1937, p. 326.
(11) TAYLOR et DABHOLKAR, *Proc. Phys. Soc.*, **43**, 1935, p. 285.
(12) BLAU, *Arch. Math. Naturvidenskab*, **42**, 1939, p. 10.
(13) CÜER et LATTES, *Nature*, **158**, 1946, p. 197.
(14) CÜER, LATTES et SAMUEL, *Ann. Acad. Brasileira Ciencias*, **19**, 1947, p. 1.
(15) KELLER et MATHER, *Phys. Rev.*, **74**, 1948, p, 624.
(16) YAGODA et KAPLAN, *Radiactive Measurements with Nuclear Emulsions*, p. 274.
(17) FRONGIA et MARONGIU, *R. C. Semin. Fac. Sci. Cagliari*, **17**, 1947, p. 2-3.
(18) CURIE et TAKVORIAN, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 923.
(19) WENLY YEH, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 142.
(20) ROLLA et MAZZA, *R. C. Ac. Lincei*, **18**, 1933, p. 472.
(21) MAZZA, *Gaz. Chim. Ital.*, **65**, 1935, p. 993.
(22) WILKINS et DEMPSTER, *Phys. Rev.*, **54**, 1938, p. 315.
(23) DEMPSTER, *Phys. Rev.*, **73**, 1948, p. 1125.

Nous n'avons trouvé aucun protón attribuable au Sm ni aucune particule α de long parcours, sauf les α habituels de contamination du verre et de l'émulsion.

L'histogramme basé sur les traces strictement horizontales et rectilignes donne un parcours moyen dans les plaques C_2 de $7_\mu,04 \pm 0_\mu,03$ en bon accord avec le résultat de Cüer et Lattes ([13]), ([14]) dans les émulsions B_1.

Après la preuve que les particules de long parcours de Cüer et Lattes étaient dues à la contamination par le Po ([14]) et les observations de ([15]), ([16]), ([17]), il semble établi que le Sm n'émet qu'un groupe de particule α de $7_\mu,0$ (dans les émulsions Ilford B et C).

Détermination de la période. — Nous avons utilisé la technique de la double émulsion décrite dans une communication précédente ([24]).

Cinq doubles émulsions (une de $50 + 50_\mu$ et quatre de $100 + 50_\mu$) ont été préparées à partir de deux solutions (Sm III : 0,236 % et Sm IV : 0,254 % en poids de $(SO_4)^3Sm_2.8H_2O$).

Les résultats sont rassemblés ci-dessous :

	Exposition.	Température.	Poids goutte.	Nombre α total.	α par sec. et g.
Sm III-2......	4 j 2 h	18°C	$4,0.10^{-3}$g	>154	>112
Sm III-3......	19 17	0°C	4,1	946	140±8
Sm IV-6......	5 2	0°C	5,2	285	120±8
Sm IV-3......	17 0	18°C	3,9	655	>110
Sm IV-9......	17 0	18°C	4,2	702	>110

Sm III-2 est erroné par défaut, la goutte étant descendue jusqu'au fond de la plaque de 50_μ. Sm IV-3 et Sm IV-9, conservés à la température ordinaire, montrent des traces certaines de fading des α, leur résultat est également erroné par défaut. Sm III-3 et Sm IV-6, conservés à 0°, ne montrent aucune trace de fading, nous les retenons comme seuls valables. Les cinq résultats sont cohérents. En attendant le résultat d'expériences plus précises en cours, nous adoptons les valeurs suivantes, l'approximation tenant compte de l'erreur statistique et d'une erreur expérimentale de 5 % (pesées).

Nombre d'α par seconde et par gramme de Sm : **133 ± 6**

soit une *période* de : $(6,7 \pm 0,4).10^{11}$ années.

Ce résultat est en excellent accord avec celui de Libby : $(6,3 \pm 0,5).10^{11}$ *a*.

Chimie analytique. — La période étant connue, la technique de la double émulsion permet le dosage du Sm sans aucune séparation préalable, sur quelques milligrammes de solution.

Géophysique. — La connaissance de la période du Sm jointe à une étude isotopique du Sm et du Nd pourrait servir de base à une méthode de détermination d'âge absolu des roches.

([24]) PICCIOTTO, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 2020-2022.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Dispositif simple pour la mesure précise des angles de raccordement solide-liquide.* Note (*) de MM. **René Bernard** et **Jean Hirtz**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Pour mesurer l'angle d'adhésion entre un solide et un liquide, on utilise généralement une méthode consistant à évaluer l'angle de raccordement à la limite des deux milieux. Le corps solide peut être plan et le liquide déposé en gouttes à sa surface; ou bien le liquide peut recouvrir complètement la surface solide sur laquelle on dépose des bulles gazeuses. Inversement, le corps solide de forme géométrique simple (plan, cylindre, sphère) peut être immergé partiellement dans le liquide. Tous ces arrangements sont théoriquement équivalents. Ils se distinguent seulement par une mise en œuvre plus ou moins commode et par la précision des résultats auxquels ils conduisent

Au cours d'une étude sur l'évolution avec le temps des angles de contact, nous avons été conduits à réaliser un dispositif particulièrement simple et qui s'est révélé à l'usage comme étant l'un des plus précis.

L'appareil comprend une cuve transparente à faces parallèles à l'intérieur de laquelle une grosse bille d'acier repose sur trois points. Le liquide à étudier est introduit lentement dans la cuve. Une première lecture de niveau est faite au moment où celui-ci vient au contact de la sphère une deuxième lorsque la surface libre primitivement concave ou convexe devient plane jusqu'au contact immédiat de la bille. Le contrôle de ce niveau critique est assuré avec une extrême précision en observant l'image d'un quadrillage réfléchi à la surface libre du liquide.

Si h est la différence de niveau résultant de ces deux lectures, d le diamètre de la sphère, l'angle de raccordement θ (angle plan du dièdre formé par la surface horizontale et le plan tangeant à la sphère, sur la ligne de contact) est donné par la relation : $\cos\theta = 2h/d - 1$. Le diamètre $d = 79^{mm},340$ est connu à $\pm 0^{mm},005$; h est mesuré au cathétomètre avec une erreur maximum de $2/100$ de millimètre, ce qui permet d'apprécier $\cos\theta$ à $1/3000$ près environ.

Un angle θ voisin de $20°$ est ainsi mesuré à ± 3 ou $4'$ près, un angle de $100°$ à ± 1 ou $2'$. A titre de comparaison l'étude photographique ou microscopique d'une goutte permet d'apprécier le même angle de $20°$ à ± 15 ou $30'$. La méthode de Yarnold [1] (pesée d'une sphère plongeant dans un liquide) donne θ à $\pm 30'$ tandis que la méthode d'Ablett [2] la plus précise (cylindre plongeant dans le liquide) permet de mesurer cet angle à $\pm 10'$ près.

(*) Séance du 4 juillet 1949.

[1] G. D. Yarnold, *Proc. Phys. Soc.* GB, 58, 1er janvier 1946, p. 120-125.

[2] R. Ablett, *Phil. Mag.*, 46, 1923, p. 244.

La bonne précision des mesures réalisées avec notre dispositif doit être attribuée :

1° Au grand diamètre de la sphère utilisée;

2° à l'extrême facilité avec laquelle l'œil apprécie les défauts de planéité d'un miroir;

3° au fait que l'œil agissant comme un intégrateur ne tient pas compte des accidents locaux (défauts de surface, poussières), qui sont une cause importante d'erreurs pour d'autres méthodes.

Nous avons pu avec ce nouveau matériel compléter notre étude sur l'évolution dans le temps de l'angle de contact. Les nouveaux résultats confirment point par point mais avec une précision accrue ceux que nous avons publiés dans une Note précédente ([3]).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Adsorption des sulfonamides par les charbons actifs. Propriétés de quelques adsorbats.* Note (*) de M. **Jean Delga**, transmise par M. Léon Binet.

Dans ce travail nous avons étudié le mécanisme d'adsorption, par une poudre de charbon, des sulfonamides les plus habituellement utilisées en thérapeutique : paraaminobenzènesulfonamide, paraaminobenzènesulfonamidopyridine, paraaminobenzènesulfonamidothiazol, paraaminobenzènesulfonylaminométhyldiazine, et paraaminobenzènesulfonylguanidine. Nous avons ensuite déterminé les propriétés de quelques absorbats obtenus.

L'agitation d'une solution de ces sulfonamides avec une poudre de charbon actif entraîne la fixation sur ce dernier d'une partie du corps dissous et aboutit rapidement (30 minutes) à un état d'équilibre régi par la règle de Freundlich.

$$a = \beta c^{\frac{1}{n}},$$

dans laquelle a représente la quantité (en milligrammes) de substance fixée par gramme de charbon et c la concentration (en milligramme pour 100^{ml}) de cette substance dans le solvant utilisé lorsque l'équilibre est établi. La valeur des constantes β et $1/n$ est, pour le charbon utilisé, donnée dans le tableau ci-après.

Ces mesures, ainsi que celles déterminant la quantité de substance fixée par le charbon lorsque varie le pourcentage de ce dernier pour une même solution, ont permis de préparer de façon avantageuse et commode des adsorbats des différentes substances étudiées en solution dans l'acétone et dans l'acide chlorhydrique normal.

([3]) R. Bernard et J. Hirtz, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1859.

(*) Séance du 27 juin 1949.

Nature de l'adsorbat.		Eau.	Acétone.	Éthanol.	Acide chlorhydrique normal.	Soude normale.
paraaminobenzène sulfonamide	β....	225,3	15,90	3,35	9,14	15,62
	$\frac{1}{n}$....	0,117	0,274	0,503	0,154	0,166
paraaminobenzène sulfonamidopyridine	β....	–	2,74	–	33,44	55,03
	$\frac{1}{n}$....	–	0,705	–	0,254	0,193
paraaminobenzène sulfonamidothiazol	β....	–	–	–	85,77	106,2
	$\frac{1}{n}$....	–	–	–	0,150	0,156
paraaminobenzène sulfonylaminométhyldiazine	β....	–	2,50	–	16,84	38,62
	$\frac{1}{n}$....	–	0,561	–	0,116	0,238
paraaminobenzène sulfonylguanidine	β....	–	–	–	116,3	–
	$\frac{1}{n}$....	–	–	–	0,116	–

Ces adsorbats sont d'une grande stabilité; ils ne perdent qu'une très faible quantité de substance par agitation avec le solvant dans lequel ils ont été formés, la proportion adsorbat-solvant étant la même qu'au moment de leur préparation. Un épuisement de ces adsorbats par l'acétone bouillante dans un appareil à épuisement continu ne permet l'extraction que d'une faible quantité du corps adsorbé. Les plus stables sont les adsorbats préparés en milieu chlorhydrique. Mais, même pour ceux préparés à partir d'une solution acétonique, il faut, dans les conditions précitées, de 20 à 30 heures à raison de 30 siphonages à l'heure pour obtenir une désorption totale.

Cette stabilité se manifeste encore lorsque ces adsorbats sont introduits dans le tube digestif d'un animal, même un herbivore : Introduits au moyen d'une sonde dans l'estomac d'un lapin, il n'est possible de retrouver dans l'urine de l'animal qu'une quantité de sulfonamide égale au plus au quart seulement de la quantité retrouvée dans l'urine d'un autre animal ayant ingéré la même dose de sulfonamide en nature. Après ingestion d'une quantité d'adsorbat correspondant à 100^{mg} de sulfonamide par kilogramme d'animal, la sulfonamidemie totale a été trouvée inférieure à $0^{mg},3$ pour 100^{ml} quel que soit le moment où ait été faite la prise de sang.

Cependant de tels adsorbats conservent sensiblement le pouvoir bactériostatique des composés qu'ils recèlent. Celui-ci a été mesuré par la technique respirométrique de Perault et Chouteau ([1]) en utilisant comme germe le colibacille : un même volume de solution nutritive (milieu de Truche) contenant

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, **137**, 1943, p. 16.

la même quantité de sulfonamide, en solution ou sous forme d'adsorbat est introduit dans la fiole d'un appareil de Warburg et ensemencé avec un nombre de germes suffisant pour obtenir une concentration égale à 10^{-4} d'une culture âgée de 20 heures. Après équilibre de température (38°) avec le bain-marie et agitation constante de l'appareil, on mesure pendant 5 heures la quantité d'oxygène consommé. L'expérience est encadrée par un témoin exempt de substance active et un thermobaromètre. Quelle que soit la concentration utilisée la courbe représentant la quantité d'oxygène consommé en fonction du temps se place, dans le cas des suspensions d'adsorbats, bien au-dessous de celle du témoin et coïncide presque avec celle obtenue avec la solution de sulfonamide.

En résumé, l'agitation des solutions étudiées de sulfonamide avec du charbon actif est un phénomène d'adsorption qui obéit à la règle de Freundlich. Les adsorbats obtenus sont très stables et cependant possèdent un pouvoir bactériostatique aussi grand que celui des corps qu'ils contiennent. Ces propriétés semblent les rendre susceptibles d'applications thérapeutiques notamment dans le cas d'infections locales.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la transformation ordre-désordre sur l'activité chimique des laitons* β. Note (*) de MM. **Georges Nury** et **Hubert Forestier**, présentée par M. Albert Portevin.

Les résultats obtenus dans l'étude de l'influence de la transformation magnétique sur l'activité chimique des oxydes ferro-magnétiques ([1]) et dans l'étude de la cémentation du fer au voisinage de la température du point de Curie ([2]), nous ont conduits à examiner l'influence d'un autre type de transformation du second ordre : la transformation ordre-désordre dans les laitons β aux environs de 460°.

La méthode utilisée consiste à suivre les variations de vitesse d'oxydation, en fonction de la température, d'un échantillon de laiton β à 48 % de zinc.

Un poids connu de limaille de laiton est réparti, en couche d'épaisseur uniforme, dans une nacelle et chauffé à température constante dans un courant d'oxygène pur et sec, pendant 2 heures ; la différence de poids, avant et après l'expérience, permet d'évaluer la vitesse de réaction ; ces expériences ont été faites dans un intervalle de température compris entre 350° et 500°.

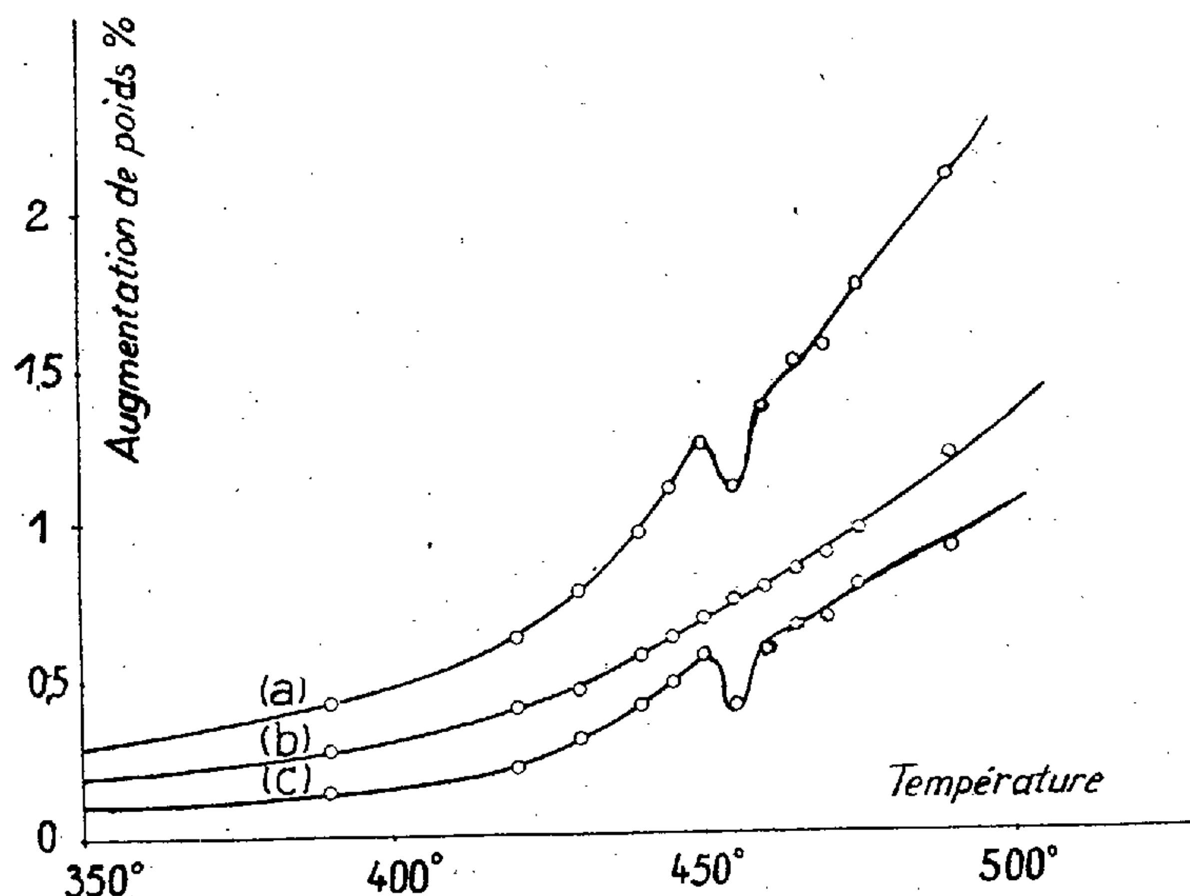
(*) Séance du 20 juin 1949.

([1]) H. Forestier et R. Lille, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 848 ; H. Forestier et R. Lille, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1891 ; R. Lille, *Thèse*, Strasbourg, 1943 ; H. Forestier et G. Nury, *Colloque sur l'État solide*, Paris, octobre 1948 ; H. Forestier et G. Nury, *Commun. à la Société Chim. de France et Société de Physique*, Strasbourg, février, 1949.

([2]) H. Forestier et G. Nury, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 280.

Nous avons jugé utile de répéter la même série d'expériences sur un laiton α (sans point de transformation) afin de pouvoir utiliser cette dernière comme *témoin*.

Les résultats obtenus sont résumés sur la figure ci-dessous : la courbe *a* correspond à l'oxydation du laiton β ; la courbe *b* à l'oxydation du laiton α ; la courbe *c* à une courbe *différentielle* représentant la différence des deux courbes *a* et *b*, afin de mettre en évidence, d'une façon plus certaine, le sens de l'anomalie observée sur la courbe *a*.



L'examen de ces courbes nous montre :

1° que la vitesse d'oxydation du laiton α (*b*) croît d'une manière continue de 350 à 500° ;

2° que la vitesse d'oxydation du laiton β (*a*) subit une discontinuité à partir de 450° ; la courbe, régulière au départ, décroît brusquement au-dessus de 450°, puis remonte rapidement à partir de 455°, pour reprendre son allure normale vers 470°.

La courbe différentielle (*c*) semble bien montrer que l'anomalie correspond à un *minimum* d'activité chimique, au point de transformation du laiton.

Si nous comparons ces résultats avec ceux obtenus précédemment dans l'étude de l'influence de la transformation magnétique sur l'activité chimique des corps ferro-magnétiques [(1) et (2)], nous voyons que la variation d'activité chimique qui était positive lors de la disparition du ferro-magnétisme, est négative pendant le passage de l'état d'ordre à l'état de désordre.

Une hypothèse explicative nous semble actuellement prématurée, mais il est intéressant de constater, dès maintenant, le retentissement des transformations du second ordre *en général*, sur l'activité chimique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les arsénites alcalino-terreux. Étude des systèmes* : $As_2O_3 - OSr - OH_2$ et $As_2O_3 - OCa - OH_2$ à 60°. Note (*) de M. **Henri Guérin** et M[lle] **Jeannine Masson**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons étendu aux systèmes $As_2O_3—OSr—OH_2$ et $As_2O_3—OCa—OH_2$ l'étude entreprise précédemment sur les arsénites de baryum (1).

Aucun travail systématique n'avait, en effet, été exécuté jusqu'à ce jour, en ce qui concerne les arsénites de strontium. Quant à ceux de calcium, ils avaient déjà été étudiés par Le Roy Grandville Story et E. Anderson, qui n'avaient caractérisé que les sels suivants :



$$As_2O_3.OCa \quad \text{et} \quad As_2O_3.2OCa.2OH_2 \ (^2).$$

Le désaccord entre nos résultats et ceux obtenus par ces auteurs, dans le cas des sels de baryum, nous autorisait à reprendre l'étude des combinaisons possibles de l'anhydride arsénieux avec l'hydroxyde de calcium en présence d'eau.

Nous avons opéré comme dans les recherches précédentes, c'est-à-dire en agitant jusqu'à la réalisation de l'équilibre, à 60°, en atmosphère d'azote, des mélanges, en proportions variées, d'anhydride arsénieux, d'hydroxyde de strontium et d'eau, d'une part, d'anhydride arsénieux, d'hydroxyde de calcium et d'eau, d'autre part. Nous avons rencontré les mêmes difficultés que pour l'étude des sels de baryum, et il ne nous a pas été possible d'appliquer la méthode des restes pour caractériser les phases solides en équilibre.

La détermination de la composition des solutions, d'une part, et des phases solides, d'autre part (immédiatement après essorage et après dessiccation par l'acide sulfurique), complétée par des examens microscopiques et radiographiques nous ont permis de tirer les conclusions suivantes :

I. Arsénites de strontium. — Deux arsénites de strontium ont été caractérisés.

1° *L'arsénite monostrontique*. — $As_2O_3.OSr.nOH_2$, se présentant en cristaux mal définis, est le sel le plus acide ; il existe en équilibre au contact de solutions de composition comprise entre : OSr : 0,11 % ; As_2O_5 : 4,79 % et OSr : 0,22 % ; As_2O_3 : 0,03 %).

2° *L'arsénite bistrontique* $As_2O_3.2\,OSr.n\,OH_2$ a un domaine d'existence plus étendu puisqu'il est stable en présence de solutions contenant de 0,22 à 3,1 % d'hydroxyde de strontium, cette dernière concentration correspondant à la saturation de la solution en OSr à 60° (l'anhydride arsénieux est

(*) Séance du 4 juillet 1949.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1588-1591.

(2) *J. A. C. S.*, 46, 1924, p. 533-535

alors présent en quantité négligeable). L'examen microscopique révèle des cristaux ayant une forme allongée se groupant en amas.

3° *L'arsénite tristrontique* isolé par l'un de nous ([3]), par réduction de l'arséniate correspondant par l'hydrogène, n'a pu être obtenu à 60°, ce qui s'expliquerait par son hydrolyse facile.

II. ARSÉNITES DE CALCIUM. — En accord avec les résultats de Le Roy Grandville Story et E. Anderson, nous n'avons pu caractériser que deux arsénites de calcium.

Le sel microcristallisé, stable dans le domaine acide du système (de 4,8 à 0,09 % de As_2O_3), répond, après dessiccation en présence d'acide sulfurique, à la formule : $As_2O_3.OCa$, ce qui correspond à un *métaarsénite de calcium.*

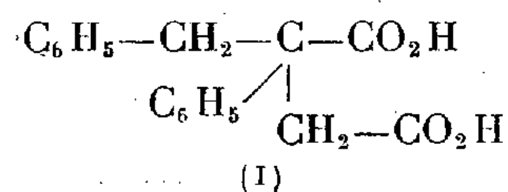
L'arsénite bicalcique, $As_2O_3.2\,OCa.n\,OH_2$, stable au contact de solutions titrant de 0,022 à 0,08 % d'hydroxyde de calcium, apparaît comme le sel le plus basique pouvant être préparé à cette température.

La dessiccation particulièrement lente des mélanges de ce sel avec de la chaux, obtenus dans le domaine basique, nous ayant fait supposer qu'il pourrait exister une combinaison labile, plus riche en chaux que l'arsénite bicalcique et susceptible de se décomposer au cours de la déshydratation, nous avons déterminé les spectres de ces mélanges à différents degrés de dessiccation.

Tous ces produits, même les plus riches en eau, sont constitués essentiellement par de la chaux et de l'arsénite bicalcique, ce qui exclut la possibilité de formation d'arsénite tricalcique par action de la chaux sur l'anhydride arsénieux à la température de 60°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide α-phényl α-benzylsuccinique.* Note de MM. **François Salmon-Legagneur** et **Henri Le Moal**, présentée par M. Marcel Delépine.

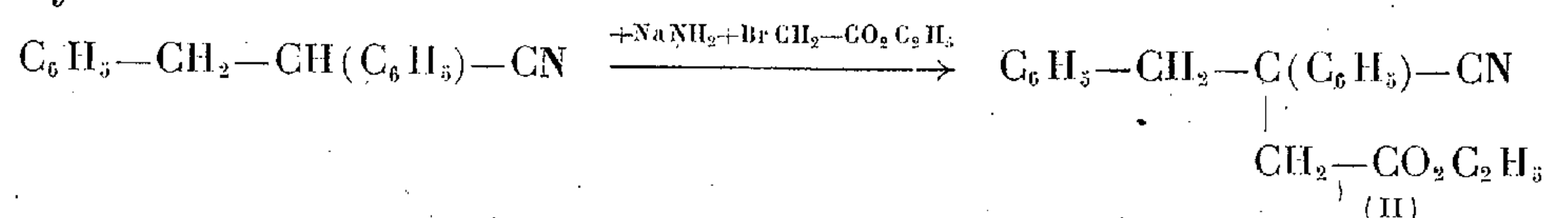
Dans le cadre d'une étude générale sur les diacides αα-diarylés, l'un d'entre nous a indiqué précédemment les premières préparations et les propriétés de deux termes de cette série : les acides αα-diphénylsuccinique et αα-diphénylglutarique ([1]). La présente Note a pour objet l'étude d'un autre terme, non signalé semble-t-il jusqu'à présent : l'acide α-phényl-α-benzylsuccinique, $C_{17}H_{16}O_4$ (I),



([3]) H. Guérin, *B. S. C.*, 4, 1937, p. 1885.

([1]) F. Salmon-Legagneur, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1057 et 213, 1941, p. 182.

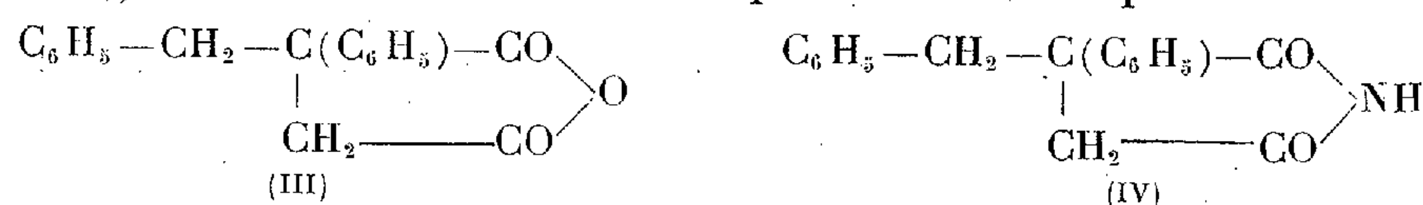
Ce nouveau diacide se prépare assez aisément par une suite de réactions en tous points semblable à celle qui a permis d'obtenir son homologue et son isomère ci-dessus indiqués. Le benzyl-cyanure de benzyle a été sodé au sein du benzène anhydre par l'amidure de sodium et mis à réagir avec le bromacétate d'éthyle :



pour donner le nitrile-ester éthylique α-phényl α-benzylsuccinique; $C_{19}H_{19}O_2N$ (II) É 225-230° sous 17^{mm}, F 60° (fines aiguilles translucides après cristallisations dans l'alcool).

Une saponification alcaline ménagée en milieu hydroalcoolique a conduit ensuite à l'acide nitrile correspondant, $C_{17}H_{15}O_2N$, F 154° (beaux cristaux translucides dans l'alcool à 60 %). Puis une hydrolyse par l'acide chlorhydrique concentré à l'ébullition sur l'acide-nitrile a transformé celui-ci en le diacide cherché, $C_{17}H_{16}O_4$ (I), F 195-196° (cristaux brillants dans l'alcool à 80 %). Le rendement global obtenu en diacide (I) à partir du benzyl-cyanure de benzyle a été de 56 % en produit brut et de 35 % en produit recristallissé.

L'anhydride correspondant $C_{17}H_{14}O_3$ (III), F 109° (après recristallisation dans CCl_4), s'obtient très aisément et quantitativement par action de l'anhy-



dride acétique à l'ébullition sur le diacide. Cet anhydride, condensé avec la résorcine, donne un produit solide brun, qui en solution alcaline présente une belle fluorescence analogue à celle de la fluorescéine, mais dont le spectre d'émission en lumière de Wood est plus riche dans le violet.

L'imide, $C_{17}H_{15}O_2N$, (IV), F 119°, a été obtenue de même de même très aisément par un processus analogue à celui qui a permis d'isoler l'imide αα-diphénylsuccinique. L'hydrolyse par l'acide sulfurique à 85 % de l'ester-nirile (II) donne l'ester-amide correspondant; ce dernier est peu stable et perd aisément une molécule d'alcool, surtout en présence d'une solution hydro-alcoolique alcaline, pour donner l'imide cherchée.

En raison de sa dissymétrie nous avons pu préparer (non d'ailleurs sans quelque difficulté pour l'obtention de produits bien cristallisés) les différents esters acides ou neutres des types (V), (VI) et (VII) ci-dessous, qu'il est possible de prévoir pour ce nouveau diacide. Comme pour l'acide αα-diphényl-succinique, l'estérification directe de l'acide α-phényl α-benzylsuccinique ou de son anhydride, en présence d'acide minéral, ne conduit qu'aux esters-acides du type (V). Les diesters neutres du type (VII) ont été obtenus par action des

sulfates d'alcoyle sur les sels alcalins des esters-acides précédents. Enfin les esters-acides du type (VI) ont été isolés par saponification ménagée des diesters neutres. Les points de fusion de ces différents dérivés sont :

	R=CH_3.	R=C_2H_5.
(V) $(C_6H_5{-}CH_2)(C_6H_5)C(CO_2H){-}CH_2{-}CO_2R$...	110°	90°
(VI) $(C_6H_5{-}CH_2)(C_6H_5)C(CO_2R){-}CH_2{-}CO_2H$...	85°	96°
(VII) $(C_6H_5{-}CH_2)(C_6H_5)C(CO_2R){-}CH_2{-}CO_2R$...	67°	liquide

Il était intéressant de comparer le comportement du méthylate de sodium CH_3ONa et celui de l'éthylate de sodium C_2H_5ONa sur l'anhydride α-phényl α-benzylsuccinique et de voir s'il y avait pour ces deux alcoolates la même différence d'action que dans le cas de l'anhydride αα-diphénylsuccinique [2]. L'action de CH_3ONa sur l'anhydride α-phényl α-benzylsuccinique donne sous forme de sel de sodium 70 % d'ester-acide du type (VI) pour 30 % environ d'ester-acide du type (V) [avec l'anhydride αα-diphénylsuccinique les chiffres obtenus étaient de 62 % d'ester-acide (VI) contre 38 % d'ester-acide (V)]. Par contre dans l'action de C_2H_5ONa sur l'anhydride (III), le résultat obtenu est inversé : 20-25 % d'ester-acide du type (VI) contre 75-80 % d'ester-acide du type (V) [avec l'anhydride αα-diphénylsuccinique les chiffres obtenus étaient respectivement de 31 % d'ester-acide (VI) contre 69 % d'ester-acide (V)].

En résumé, on retrouve dans le cas du nouveau diacide la même différence de comportement des deux alcoolates constatée précédemment et même plus accentuée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de quelques acides biliaires aminés.* Note de MM. **Joseph Redel, Albert Bouteville, Bernard Gauthier** et **N'Guyen Quy**, présentée par M. Marcel Delépine.

La préparation de dérivés aminés, liés directement aux cycles, est bien connue dans la série du cholestane et du cholestène [1]. Elle repose sur la réduction des oximes correspondantes par le sodium au sein de l'alcool éthylique ou de l'alcool isoamylique. Par contre, les dérivés aminés analogues de la série biliaire, ont été peu étudiés. Seul, l'acide dihydroxy-3.12 amino-7 cholanique a été obtenu par James, Smith, Stacey et Webb [2], en appliquant la réaction précédente à l'oxime du céto-7 hydroxy-3.12 cholanate d'éthyle. Le corps a été isolé, en faible quantité, sous forme de chlorhydrate (F 265-267°)

---

(2) F. Salmon-Legagneur et F. Soudan, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 681.

(1) Windaus et Adamla, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, **44**, 1911, p. 3051; Eckhardt, *ibid.*, **71**, 1938, p. 467; Barnett, Ryman et Smith, *J. Chem. Soc.*, 1946, p. 538.

(2) *J. Chem. Soc.*, 1946, p. 665.

et de dérivé benzoylé cristallisés. La réduction de la trioxime de l'acide déhydrochorique est déjà plus complexe, et ces mêmes auteurs ont obtenu, après hydrolyse, un produit amorphe, auquel ils ont assigné la structure de l'acide diamino-3.7 céto-12 cholanique. Ils en conclurent que la position 12 serait, dans ces conditions, particulièrement résistante.

Nous avons entrepris une étude d'ensemble de ces acides biliaires aminés à partir des oximes des cétones correspondantes. Deux voies étaient possibles, soit hydrogénation catalytique de ces corps en présence de nickel Raney, soit réduction par le sodium au sein de l'alcool. La première méthode ne nous a pas donné satisfaction. Elle conduit à des mélanges d'où il est difficile d'isoler des corps purs, même après purification chromatographique. La deuxième méthode nous a permis d'obtenir facilement, avec des rendements variables, les amines cherchées, en utilisant comme solvant l'alcool isoamylique.

Nous nous limiterons, dans cette Note, à la description des dérivés monoaminés en position 3, 7 ou 12. Les méthodes qui permettent de transformer une seule fonction alcoolique des acides bilaires classiques : Lithocholique, désoxycholique et cholique, en groupement cétonique sont connus et nous avons suivi les indications données dans la littérature. Ces corps intermédiaires donnent aisément des oximes cristallisées. Il semble plus rationnel d'utiliser les oximes des acides biliaires cétoniques plutôt que celles des esters. Nous avons constaté que la réaction se fait, d'une façon analogue, quelle que soit la position occupée par le groupement cétonique initial, en 3, 7 ou 12.

Les constantes des corps ainsi obtenues sont indiquées dans le tableau ci-dessous (tous les points de fusion sont pris au bloc Maquenne) :

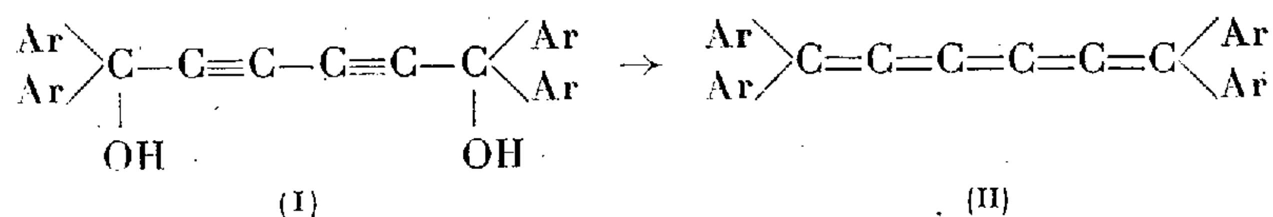
Acide biliaire aminé.	P. F. (°C).	$[\alpha]_D^{18}$ (sol. à 2% env.).	Rend. (%).
Acide amino-3 cholanique ($C_{24}H_{41}O_2N$; P. M. : 375)............	265	+35,5 (acide acétique)	95
Acide amino-3 hydroxy-12 cholanique ($C_{24}H_{41}O_3N$; P. M. : 391)...	290	+60,4 (acide acétique)	60
Acide amino-3 dihydroxy-7,12 cholanique ($C_{24}H_{41}O_4N$; P. M. : 407)...	310	+40,2 (acide acétique)	80
Acide amino-7 dihydroxy-3,12 cholanique ($C_{24}N_{41}O_4N$; P. M. : 407)...	203	+50 (alcool)	50
Acide amino-12 dihydroxy 3,7 cholanique ($C_{24}N_{41}O_4N$; P. M. : 407)...	258	+44,1 (acide acétique)	55

Ces corps sont bien cristallisés, solubles dans l'acide acétique, peu solubles dans la plupart, des solvants organiques. Ils forment des chlorhydrates également bien cristallisés, insolubles dans l'eau dans le cas des acides amino-3 cholanique et amino-3 hydroxy-12 cholanique, plus solubles dans les trois autres cas. Les amines dérivés de l'acide cholique donnent des sels de sodium hydrosolubles.

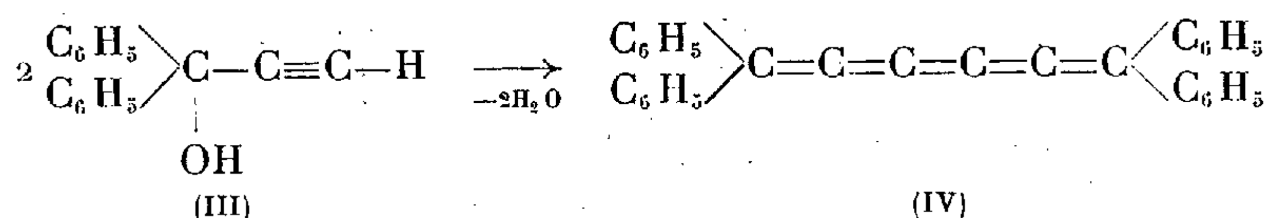
Un Mémoire détaillé paraîtra ultérieurement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle synthèse de* Cumulènes. Note (*) de MM. **Paul Cadiot** et **Antoine Willemart**, présentée par M. Charles Dufraisse.

R. Kuhn et K. Wallenfels ([1]) ont préparé divers tétraaryl-1.1.6.6 hexapentaènes (II), dénommés *cumulènes*, en traitant des tétraaryl-1.1.6.6 hexadiine-2.5 diol-1.6 (I), soit par l'iodure de phosphore, soit mieux par l'acétate chromeux en suspension dans l'éther saturé d'acide chlorhydrique,



Au cours d'une étude entreprise sur le diphényl-1.1 propine-2 ol-1 (III), nous avons obtenu un hydrocarbure rouge qui semble identique au tétraphényl-1.1.6.6 hexapentaène (IV),



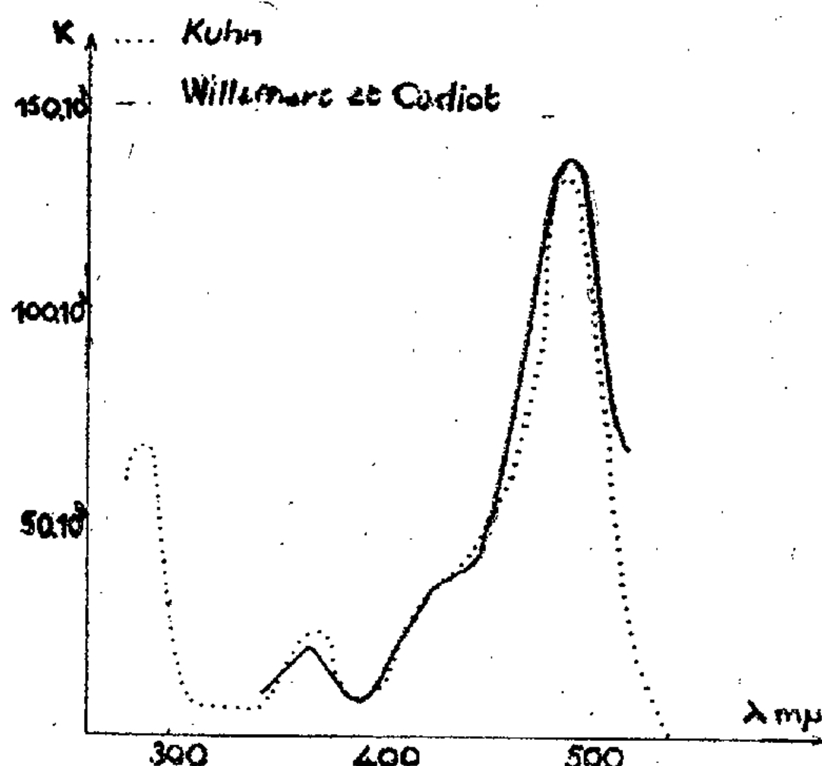
En traitant en effet le carbinol acétylénique (III) en solution éthérée en présence de potasse anhydre pulvérisée par l'anhydride acétique, il se forme suivant un mécanisme singulier de déshydratation et de doublement, dont l'étude est en cours, un hydrocarbure rouge, qui, après cristallisation dans le benzène, se présente sous forme d'aiguilles fondant instantanément avec décomposition vers 204-206° (bloc Maquenne recouvert d'or) (théorie pour $C_{30}H_{20}$: C % 94,7, H % 5,26; trouvé C % 94,6 et 94,5, H % 5,2 et 5,2). Ce composé nous semble identique avec le tétraphényl-1.1.6.6 hexapentaène de Kuhn et Wallenfels, malgré une grande différence de point de fusion (température de fusion donnée par les auteurs ci-dessus : vers 301°-302°). Sans préjuger de nos conclusions ultérieures, signalons d'ores et déjà que l'une des causes possibles de ce désaccord pourrait être la difficulté de déterminer la température de fusion dans le cas d'un corps se décomposant, comme c'est le cas, avec une grande vitesse et se transformant en une matière solide.

Le spectre d'absorption de notre hydrocarbure rouge, déterminé en solution benzénique, est pratiquement identique avec celui publié par R. Kuhn (*loc. cit.*), avec des maxima situés à 368 et 489$^{m\mu}$ (*voir* courbes d'absorption ci-contre).

(*) Séance du 4 juillet 1949.

([1]) R. Kuhn et K. Wallenfels, *Ber. der Chem. Ges.*, 71, 1938, p. 783; 71, 1938, p. 1510; R. Kuhn et P. Platzer, *Ibid.*, 73, 1940, p. 1410.

L'hydrogénation quantitative par l'oxyde de palladium dans un mélange d'acide acétique et de décaline (50 % en volume) a permis de mettre en évidence 4,9 doubles liaisons (théorie 5).



L'hydrogénation catalytique par le nickel de Raney dans un mélange d'éthanol et de benzène fournit le tétraphényl-1.1.6.6 hexane (F 122°) antérieurement préparé par M. Bouvet ([2]), mais décrit alors avec F 104° ([3]). Nous n'avons pas manqué de reproduire la synthèse de cet auteur (action du bromure de phénylmagnésium sur l'adipate d'éthyle, déshydratation du glycol obtenu et hydrogénation catalytique du diène résultant) : après cristallisation dans l'alcool, nous avons trouvé F 122°, ne présentant d'ailleurs pas d'abaissement par mélange avec le produit d'hydrogénation décrit ci-dessus.

La méthode nouvelle de préparation de *cumulènes* que nous décrivons présente l'avantage de partir d'arylcétones et d'acétylène et n'exige pas le diacétylène comme matière première. Elle a d'ailleurs déjà pu être généralisée à plusieurs composés qui sont en cours d'études.

MINÉRALOGIE. — *Cristallisation du mélange* $Na_xK_{1-x}AlSiO_4$ *en présence d'eau sous pression (formation de néphéline, kalsilite, hydrocancrinite, hydrosodalite, mica).* Note de M. **Jean Wyart** et Mlle **Mireille Michel-Lévy**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'un de nous a déjà signalé ([1]) la reproduction facile au Laboratoire de la kalsilite $KAlSiO_4$ hexagonale, à des températures inférieures à 500°, en

([2]) M. Bouvet, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **17**, 1915, p. 202.

([3]) F 104° donné par M. Bouvet doit correspondre à une forme cristalline instable.

([1]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 944.

l'absence de soude, à partir de silice et d'alumine amorphes et de solutions potassiques.

Nous nous sommes proposé d'étudier les produits cristallisés qui se forment à partir des mélanges des composants amorphes $NaOH, KOH, Al_2O_3$ et SiO_2, dans des proportions correspondant à la formule $Na_xK_{1-x}AlSiO_4$, quand x varie de 0 à 1, en autoclave, sous pression de vapeur d'eau et pour différentes températures.

Nous avons utilisé de petits autoclaves en acier. Les produits étaient placés dans des tubes en cuivre rouge fermés. Nous attirons l'attention sur le fait que les résultats peuvent être légèrement différents si, au lieu de cuivre rouge, on utilise une autre enveloppe, car le cuivre est attaqué par la vapeur d'eau supercritique.

Les résultats que nous donnons ici, concernent plus de 50 essais, d'une durée moyenne de trois jours :

1° A 360° (pression vapeur d'eau 185 kg/cm²), on observe, pour des mélanges initiaux variant depuis $x = 0,5$ à $x = 0$, la formation de kalsilite, le plus souvent microcristalline, que l'on caractérise par son spectre de rayons X.

Pour les mélanges $x = 1$ à $x = 0,5$, les produits fournissent des spectres de rayons X très nets caractéristiques de la *cancrinite*.

2° Les mêmes expériences répétées à 415° (pression 400 kg/cm²), ont donné pour les mélanges riches en soude, x variant de 1 à 0,9, la même cancrinite, toujours microcristalline, avec cependant quelques prismes fins d'indice 1,490 et de densité 2,40. On peut être surpris de voir se former une cancrinite en l'absence de toute trace de $CaCO_3$, car les cancrinites naturelles ont des compositions chimiques de formule $NaAlSiO_4(CaCO_3, H_2O)\,0,50$. L'analyse chimique de la cancrinite formée à 415°, avec $x = O$, correspond à $NaAlSiO_4$, $0,57\,H_2O$, voisine, si l'on fait abstraction du carbonate de calcium, de la formule précédente. On peut la désigner sous le nom de *hydrocancrinite*. L'eau est de nature zéolitique en ce sens que le produit, déshydraté à 800°, n'est pas modifié et fournit le même spectre de rayons X.

Toujours à 415°, pour les mélanges $x = 0,8$ à $0,6$, on observe la formation de néphéline en prismes de $0^{mm},080$ de longueur, de $0^{mm},040$ de diamètre sur lesquels nous avons pu mesurer l'indice moyen 1,543; les paramètres cristallins par la méthode du cristal tournant, et faire l'analyse chimique. La néphéline, dont l'analyse correspond à $K_{0,19}Na_{0,84}Al_{1,05}Si_{0,99}O_4$, $0,3\,H_2O$ pour le mélange initial $x = 0,8$, a pour paramètres $a = 9,88 \pm 0,02$ Å; $c = 8,26 \pm 0,02$ Å; celle de formule $K_{0,34}Na_{0,75}Al_{1,02}Si_{0,96}O_4$, $0,15\,H_2O$ (le mélange initial avec $x = 0,6$ était plus riche en potasse) a pour paramètres $a = 10,3 \pm 0,02$ Å; $c = 8,35 \pm 0,02$ Å.

De plus, on observe au microscope une substance phylliteuse, plus biréfringente, dont le spectre de rayons X, à raies très fines, est celui d'un mica

muscovite. Pour $0{,}55 > x > 0$, on retrouve les différentes kalsilites $Na_xK_{1-x}AlSiO_4$.

3° A 500° (pression = 450 kg/cm²), pour $1 > x > 0{,}9$; au lieu de la paracancrinite obtenue jusqu'alors, on observe la formation d'un corps parfaitement cristallisé, nouveau, en grains optiquement isotropes, que le diagramme de rayons X identifie à la sodalite, avec pour arête de la maille cubique $a = 9{,}02$ Å; l'analyse chimique fournit :

$Na_{1,18}Al_{0,94}SiO_4(H_2O\,0{,}58\,CO_2\,0{,}23)$, formule voisine, si l'on ne tient pas compte du chlorure de sodium, de celle de la sodalite naturelle $Na_8Al_6Si_6O_{24}Cl_2$. Par analogie avec l'hydrocancrinite, on peut la désigner sous le nom de *hydrosodalite*.

Pour des mélanges $0{,}8 > x > 0{,}4$, c'est l'hydrocancrinite qui prédomine et qui se manifeste sur les diagrammes de rayons X. Cependant pour $x = 0{,}8$ et $x = 0{,}7$ on observe au microscope quelques prismes de néphéline.

Pour $x < 0{,}4$ on retrouve la kalsilite, bien cristallisée en prismes hexagonaux, sur lesquels on a pu faire un diagramme de cristal tournant qui a donné $a = 5{,}15$ Å; $c = 8{,}66$ Å, en bon accord avec les chiffres donnés par F. A. Bannister ([2]).

4° A 600° on trouve pour $x = 1$ l'hydrosodalite; pour $x = 0{,}6$ et $x = 0{,}4$ l'hydrocancrinite.

Conclusion : Cet ensemble d'expériences montre que, à partir des mélanges de SiO_2, Al_2O_3, NaOH, KOH correspondant à $Na_xK_{1-x}AlSiO_4$, chauffés en autoclave, sous pression d'eau, la néphéline ne se forme qu'au-dessus de 380°, pour des mélanges de compositions voisines de $Na_{0,7}K_{0,3}AlSiO_4$ qui correspondent justement aux néphélines naturelles. Remarquons cependant que dans des essais, entrepris dans des conditions différentes, nous avons pu obtenir une néphéline purement sodique.

Nous avons obtenu aussi, dans ces essais systématiques, soit l'hydrosodalite, soit l'hydrocancrinite, dont les structures atomiques ne se différencient de celles de la sodalite et de la cancrinite naturelle, que par des molécules H_2O occupant les cavités des réseaux.

La kalsilite apparaît dans un grand domaine de compositions chimiques et de températures. Notons que ce minéral, que l'on obtient si facilement au laboratoire, signalé par A. Holmes, dans des roches de l'Uganda, avec une teneur en Na très faible, existe aussi dans une tinguaïte à pseudoleucite de Tzu Chin Shan (Chine) avec une teneur en Na plus élevée.

([2]) *The mineralogical magazine*, 26, juin 1942, p. 218.

MINÉRALOGIE. — *Sur les silicates phylliteux des minerais de fer oolithiques.* Note de MM. **Jean Orcel**, **Stéphane Hénin** et M[lle] **Simone Caillère**, présentée par M. Charles Mauguin.

Les minerais de fer oolithiques contiennent fréquemment des silicates phylliteux verts que met en évidence l'examen microscopique.

On considère généralement que ces minéraux appartiennent au groupe des chlorites ainsi que semblent l'indiquer leurs propriétés optiques. Cependant récemment, G. W. Brindley (1) a montré que certaines de ces soi-disant chlorites étaient des silicates à 7 Å. Il n'est d'ailleurs pas toujours aisé de distinguer à l'aide d'un diagramme de Debye et Scherrer si le minéral est à 7 Å ou à 14 Å. En effet, pour les silicates ferrifères à 14 Å les premières raies d'ordre impair de la série (*ool*) sont fréquemment d'intensité presque nulle.

Nous nous sommes proposé d'examiner un certain nombre d'échantillons pour établir quelle était la fréquence de chacun de ces types.

Dans ce but le minerai a été soumis à un fractionnement par dispersion et sédimentation afin d'en isoler le constituant phylliteux. En dépit de cette séparation, le produit obtenu n'était pas encore très pur, d'autant plus que nous avons évité l'emploi de réactifs énergiques pour ne pas l'altérer.

Les méthodes suivantes ont été utilisées : analyse thermique différentielle, dilatométrie et examen à l'aide des rayons X. Des diagrammes de rayons X ont été effectués soit avec des plaquettes orientées, obtenues par sédimentation, afin de vérifier le caractère phylliteux des minéraux étudiés, soit avec les produits chauffés à 530° et à 600°.

En effet, il a été établi (2) qu'après chauffage à ces températures, on voit l'intensité de la raie de grand écartement des chlorites augmenter, alors que celles d'ordre immédiatement supérieur disparaissent (*); au contraire dans le cas d'un minéral à 7 Å il y a désorganisation complète de la structure.

L'examen a porté sur quinze échantillons dont quelques-uns typiques, comme la chamosite de Chamoson, la bavallite de Basvallon, la greenalite de Port-Arthur et la berthiérine d'Hayange; les autres ont été extraits de minerais de fer provenant des bassins lorrain ou normand.

Il résulte de cet examen que trois seulement des phyllites étudiées sont à 7 Å, ce sont : la berthiérine, la greenalite et le minéral d'Ottange. Outre les caractères de leurs diagrammes montrant qu'ils correspondent à un édifice à 7 Å détruit à 530°, la courbe thermique de ces minéraux s'apparente nettement à celle des antigorites. Enfin les diagrammes dilatométriques possèdent une inflexion nette vers 550°, caractéristique des minéraux de ce groupe.

---

(1) *Clay minerals bulletin*, n° 3, 1949, Londres.

(2) *Comptes rendus*, 228, 1949 p. 933.

(*) Contrairement à ce qui avait été signalé antérieurement le dispositif utilisé alors ne permettait pas de distinguer la raie (001) (*Comptes rendus*, 207, 1938, p. 788).

Parmi les autres échantillons, neuf sont du type chlorite. Ils sont phylliteux, les premiers ordres impairs de leurs diagrammes de rayons X sont peu marqués et l'intensité de la raie de plus grand écartement est considérablement accrue par chauffage à 530°. On peut citer dans ce groupe la métachlorite de Radanthal, la bavalite et la chamosite. Ce résultat diffère de celui obtenu par G. W. Brindley, puisque la chamosite qu'il a examinée est un type à 7 Å. On désigne donc sous le nom de chamosite des minéraux cristallographiquement différents.

L'analyse thermique confirme qu'il s'agit bien de chlorite, puisque les courbes sont caractérisées par la présence de deux inflexions endothermiques, la première nettement plus marquée que la seconde, celle-ci étant suivie par un crochet exothermique. A l'opposé de ce qui a lieu avec le type à 7 Å, les courbes dilatométriques ne montrent en général aucun accident jusqu'à environ 800°, ce qui est dû à la constance de l'écartement réticulaire au cours du chauffage ([2]). Cependant sur les courbes de la métachlorite et de la phyllite d'Auboué, on constate une inflexion, mais contrairement à ce qui se produit avec les minéraux à 7 Å, celle-ci s'étale sur un grand intervalle de température.

Enfin dans les minerais d'Audun-le-Tiche, de Moulaine et d'Angivillers, il paraît y avoir en dehors de la chlorite une petite quantité de mica.

Ainsi les silicates présents dans les minerais de fer appartiennent à trois types de structures différentes, à 7, 10 et à 14 Å. Dans l'état actuel de nos investigations, ce dernier paraît le plus fréquent.

Par ailleurs, les minéraux à 7 Å doivent être rattachés au groupe des antigorites plutôt qu'au type kaolinite.

Enfin, il serait intéressant de préciser la genèse de ces phyllites. On sait en effet que les minerais de fer ont pris naissance en milieu marin, donc alcalin, ce que confirme la présence fréquente de carbonate. Or en milieu acide, tels que les alios ou les latérites, en dépit de quantités importantes de fer, il se forme uniquement de la kaolinite. Dans ce cas la nature des minéraux présents dépend principalement du pH.

Si l'on connaissait les conditions spécifiques de formation des antigorites et des chlorites, on pourrait distinguer sur cette base deux types de milieux générateurs des minerais de fer sédimentaires.

PÉTROGRAPHIE. — *Métasomatose des enclaves de serpentine dans les gneiss du Châtelet (Creuse) en quartzite à fuchsite*. Note (*) de MM. **Maurice Chenevoy**, **Erasme Filippini** et **Jean Jung**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans les gneiss du Châtelet, au voisinage des filons de quartz à mispickel aurifère qui y sont exploités ([1]), on trouve des masses de forme ovoïde ou

(*) Séance du 4 juillet 1949.

([1]) E. Filippini, *Revue Industrie minérale*, 1933, p. 387.

anguleuse, dont le diamètre va de quelques centimètres à plus d'un mètre. Ces *boules vertes*, ainsi qu'on les dénomme dans la mine, ont retenu l'attention des exploitants, en raison de leur grande dureté et d'une teneur en or variant suivant les cas depuis des traces jusqu'à 100^g à la tonne.

Ces boules peuvent être facilement extraites du gneiss, là où celui-ci est devenu friable par décomposition. Leur cassure montre une matière microcristalline noirâtre, marbrée de traînées d'un minéral phylliteux vert vif. Elles sont entourées parfois d'une sorte de croûte dure, d'un blanc laiteux, formée de fibres perpendiculaires à la surface.

Au miscroscope, la masse de la boule apparaît formée par deux variétés de quartz intimement mêlées : l'une limpide en prismes de 0^{mm},2 de long et 0^{mm},002 de large; l'autre criblée d'inclusions en granules bourgeonnants de 0^{mm},1 de diamètre. Au quartz sont associés plus accessoirement, mais en proportions cependant notables, la calcite, la pyrite, le mispickel et le minéral phylliteux vert déjà mentionné qui est de la *fuschite* ou muscovite chromifère. Ses propriétés optiques correspondent à celles de la fuschite du Zillertal ($2V = 40°$). Quant à la croûte fibreuse, elle est également constituée par du quartz, riche en inclusions et à cristallisation assez confuse.

Notre récente étude des enclaves de serpentine que l'on rencontre dans les gneiss du Châtelet ([2]) nous a conduits à mettre en évidence l'origine de ces boules à fuchsite. Ce sont en effet d'anciennes enclaves de serpentine transformées secondairement en quartz par une métasomatose due à la circulation des solutions hydrothermales issues des filons voisins. Cette explication s'accorde d'ailleurs avec le fait qu'au Châtelet les épontes des filons peuvent être minéralisées en or par imprégnation diffuse. La masse centrale de la boule représente une pseudomorphose de la serpentine, et le spinelle chromifère y a été altéré en fuchsite, ainsi que le montrent les cas de transformation incomplète. La croûte blanche d'allure fibreuse n'est autre chose que le produit de la silicification de l'écorce d'asbeste de l'enclave. La calcite, la pyrite, le mispickel et l'or, représentent, comme la silice, un apport hydrothermal.

L'intérêt de ce phénomène dépasse celui des faits, somme toute accidentels, que nous venons de décrire. En effet, la fuchsite se trouve non seulement dans les boules, mais aussi dans un grand nombre de cassures qui affectent le filon et ses épontes, à l'état de mouches ou de revêtements. Elle doit de toute évidence sa formation à la circulation de solutions ayant lessivé les serpentines des épontes.

L'association de la fuchsite et de l'or dans les filons hydrothermaux est assez fréquente. Elle a été discutée récemment par Whitmore, Berry et Hawley ([3]), en ce qui concerne l'Amérique du Nord, sans que ces auteurs

---

([2]) M. Chenevoy, E. Filippini et J. Jung, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 65.

([3]) D. R. E. Whitmore, L. G. Berry et J. E. Hawley, *American mineralogist*, 31, 1946, p. 1.

soient arrivés à une conclusion formelle. A la mine du Châtelet, la question nous paraît résolue. Il n'y a pas de liaison originelle entre le chrome et l'or. Le chrome est le produit de la lixiviation des roches basiques, traversées par les solutions aurifères au cours de leur ascension.

MORPHOLOGIE EXPÉRIMEMTALE. — *Réactions de croissance et évolution histologique des pièces périanthaires isolées de la fleur du* Lilium candidum L. Note de Mlle **Germaine Debraux** et M. **Pierre Gavaudan**, transmise par M. Robert Courrier.

Le problème de l'ontogénie de la fleur a fait l'objet d'un grand nombre de controverses (1) portant sur les données morphologiques favorables ou défavorables au concept de la métamorphose foliaire dû à Wolff et à Gœthe, mais, à notre connaissance, peu d'expériences ont été faites. Nous avons pensé que cette hypothèse devait être reconsidérée à la lumière de la physiologie hormonale des végétaux. Nos recherches sur les phénomènes d'histogénèse dans la feuille isolée en survie (2), nous ont conduits à étudier les problèmes de la conservation et des réactions des pièces florales séparées à divers moments de leur existence. Bien que la signification des pièces périanthaires des monocotylédones soit sujette à discussion, c'est toutefois sur des végétaux de ce groupe que nous avons fait porter nos premières recherches, étant donné la taille favorable des pièces et les possibilités de régénération bien connues à partir des feuilles (3). Nous décrirons ici quelques-uns des premiers résultats obtenus sur les pièces périanthaires du *Lilium candidum*.

Les pièces, isolées à partir des boutons encore clos mais déjà presque entièrement blancs, ont été plongées par la base dans une solution d'acide α-naphtalène acétique à $0^{g},040$ ‰, lavées, puis plantées dans le sable d'un caisson vitré assurant une atmosphère humide mais renouvelée. Dans ces conditions, nous avons pu conserver les organes pendant 16 jours (18°-28°). Le limbe s'est progressivement flétri à partir du haut en devenant parcheminé, cependant que la base s'épaississait considérablement par rapport à celle des pièces épanouies ou en voie de flétrissement des fleurs témoins conservées sur pied. L'étude histologique a également montré cet accroissement et permis de constater les modifications suivantes après 12 jours de survie.

1° L'épaississement de la base des pièces est dû soit à une augmentation de

(1) V. Grégoire, *La cellule*, 47, 1938, p. 285, L. Plantefol, *Ann. Sc. Nat. Bot.*, (11), 9, 1948 et Paris, 1949, p. 186.

(2) G. Debraux, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 223 et 860.

(3) P. Chouard, *La multiplication végétative et le bourgeonnement chez les plantes vasculaires*, Paris, 1934, 48 pages.

la taille des cellules parenchymateuses et des faisceaux libéro-ligneux, soit à la formation d'un cal, soit à ces causes réunies.

2° Les faisceaux libéro-ligneux peuvent subir un remaniement important et un agrandissement par division et croissance cellulaires des éléments non lignifiés; le parenchyme fondamental est le siège de nombreuses divisions produisant des amas de cellules d'aspect embryonnaire ou procambial; dans les cals on observe des plages de trachéides.

3° Les cals, comme les pièces elles-mêmes, sont le siège de nombreuses caryocinèses.

4° Contrairement à ce qui se passe dans les fleurs épanouies du même âge, l'amidon n'a pas tendance à disparaître, mais s'accumule dans les cellules parenchymateuses entourant les faisceaux conducteurs.

En conclusion, l'évolution histologique des pièces périanthaires isolées du *Lilium candidum* est entièrement comparable à celle de la feuille isolée ([2]). D'ailleurs, des bractées florales, ayant ou non subi le même traitement par l'hétéroauxine, ont donné en 8 jours des cals plus ou moins volumineux; deux bractées ont fourni des racines et l'une d'elles une bulbille ([4]). Les réactions de croissance des bractées, dont la valeur foliaire est indiscutable, et des pièces périanthaires, sont presque identiques; la seule différence réside dans l'absence actuelle de production de racines dans le second cas; elle est probablement due aux conditions physiologiques spéciales dans lesquelles se trouvent les pièces périanthaires défavorisées par rapport aux bractées (absence de chlorophylle). Il est probable qu'une identité totale des réactions s'obtiendrait en accroissant la durée de survie des pièces florales isolées par culture aseptique en milieu nutritif.

Nous tentons d'étendre cette étude aux sépales et pétales de dicotylédones ainsi qu'aux pièces sexuelles en général. On peut penser, en effet, que la combinaison des possibilités qu'offrent les interventions opératoires, les hétéroauxines, la culture pure et la vie à l'état isolé des pièces ou de leurs ébauches, fournira des données utiles susceptibles de s'ajouter ou de s'opposer aux arguments d'ordre morphologique.

MYCOLOGIE. — *Un nouveau Microsporum parasite de la peau (Microsporum pseudo-umbonatum).* Note de MM. **Auguste** et **René Sartory**, **Jacques Meyer** et **Jacques Malgras**, présentée par M. Joseph Magrou.

Observation. — Il s'agit d'une jeune étudiante de 25 ans sans antécédents; son état général est satisfaisant. Au cours de l'année 1947, de petites rougeurs

([4]) Chouard (*loc. cit.*, p. 16) a attiré l'attention sur la formation, chez les Liliacées, de bulbilles d'inflorescences à l'aisselle des bractées des axes florifères n'ayant pas évolué en fleurs.

apparaissent au niveau de la partie supérieure du pied, sur le cou-de-pied et à la face externe de la cheville.

Cinq à six mois après, ces lésions se transforment en plaques érythémateuses qui grandissent jusqu'à atteindre la taille d'une pièce de 2 francs et même quelquefois d'une pièce de 5 francs. Les démangeaisons sont intolérables et la malade se gratte. Une petite lésion se forme à la partie latérale droite du cou (auto-inoculation probable).

Le médecin traitant prescrit des applications locales de liquide de *Lugol* et d'alcool iodé. Ces médicaments font régresser l'affection, mais ne la guérissent pas; des récidives se produisent.

En novembre 1947 les lésions sont légèrement érythémateuses, plutôt sèches; il y a desquamation et formation de croûtes; pas de pus.

A ce moment nous prélevons des squames.

Examen direct. — A l'examen direct, nous notons la présence de chlamydospores et d'un mycélium toruleux marquant l'état de souffrance du parasite.

Cultures. — Après purification préalable suivant les méthodes classiques, une partie des squames a été ensemencée sur divers milieux convenant aux *Dermatophytes* (*Sabouraud* maltosé, glucosé, de conservation).

L'isolement de l'organisme a été long et difficile.

En culture pure, sur *milieu de Sabouraud de conservation*, la culture débute le troisième ou le quatrième jour par un bouton duveteux qui s'étend par la suite pour donner une colonie circulaire blanche. Le centre est surélevé, presque glabre; la périphérie se montre duveteuse. Au bout de trois semaines, on aperçoit des stries circulaires alternativement duveteuses et glabres.

A l'examen microscopique, nous notons les caractères suivants : Mycélium très cloisonné, assez fin en général (1^{μ}, 2 à 3^{μ},2 de diamètre). Vrilles en grand nombre (1^{μ},2 de diamètre pour les filaments). Chlamydospores (3^{μ},6 à 6^{μ} de diamètre). Aleuries libres du type *Acladium* ou en buissons insérées directement sur le mycélium ou à l'extrémité d'un pédoncule très court (0^{μ},5). Ces aleuries mesurent de 1^{μ},2 à 2^{μ},4 de diamètre.

Après un mois on constate l'apparition d'organes pectinés assez volumineux (3 a 4^{μ} de largeur) et de fuseaux pluriloculaires peu nombreux; ils présentent de 2 à 6 loges (10 à 36^{μ} de long sur 3^{μ},6 à 7^{μ} de large).

Sur *milieu de Sabouraud d'épreuve*, même aspect que précédemment, mais la végétation est plus luxuriante et le duvet plus long. Le centre de la colonie est marqué le troisième jour par une élevure contrastant avec la périphérie qui reste plane.

Sur *milieux de Czapek et de Grigoraki*, les chlamydospores sont plus nombreuses.

Sur la *pomme de terre*, on est frappé par le très grand nombre d'aleuries et de chlamydospores qui se forment; en outre, les filaments deviennent plus gros.

Sur *milieu de Gorodkowa*, on note la formation d'un nombre considérable de vrilles.

Les cultures sur *gélose au riz* nous montrent la formation d'un mycélium en raquettes avec de nombreux fuseaux très volumineux.

Diagnose de l'espèce. — Le champignon étudié nous a montré les caractères types d'un *Microsporum* (*Gymnoascées-Ascomycètes*). Les ressemblances existant entre cette espèce et celle décrite par Sabouraud sous le nom de *Microsporum umbonatum* sont évidentes. Toutefois certaines différences données par l'étude de la morphologie microscopique ainsi que des particularités d'ordre biochimique qui feront l'objet d'une Note ultérieure nous obligent à en faire une espèce nouvelle pour laquelle nous proposons le nom de *Microsporum pseudo-umbonatum* n. sp.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de quelques substances de croissance sur l'élongation des racines de l'Orge germée pendant les premiers stades de la croisssance.* Note de Mlle **Jacqueline Rousseau**, présentée par M. Paul Becquerel.

Continuant notre étude de l'action de l'acide indol acétique et phénylacétique sur les céréales ([1]), nous avons appliqué la méthode utilisée pour l'étude de ces substances sur la croisssance du *pisum-sativum* ([2]) et du *triticum vulgare* ([1]) à l'Orge germée.

A notre connaissance, les résultats obtenus par les chercheurs qui se sont intéressés à l'action de l'acide indol acétique sur la germination et la croissance de l'Orge sont aussi contradictoires que ceux obtenus avee le Blé. Zika (1943) et Lundgarth (1943) ont obtenu une stimulation de la croissance par trempage des semences dans des solutions d'acide indol β-acétique. Barton (1940), Lafferty (1940), Templemann et Marmory (1940) n'ont trouvé aucune influence.

Nous avons utilisé l'Orge variété Kénia de chez Vilmorin. Nous avons expérimenté sur des semences ayant déjà subi un début de germination. Tous les grains utilisés étaient dans un état comparable aussi bien pour la germination que pour le Pois. Nous avons immergé ces grains germés dans des solutions d'acide indol β-acétique et phénylacétique à la concentration de 10^{-3}, 10^{-4} et 10^{-5} et 2.10^{-3}, 2.10^{-4}, 2.10^{-5} et dans le mélange des deux acides à la concentration de 10^{-5}.

Des lots témoins ont été immergés dans l'eau dans les mêmes conditions de température et d'éclairement. Chaque lot expérimenté se composait de

(1) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1106-1109.
(2) *Ibid.*, 224, 1947, p. 700-702.

100 grains germés. Après le trempage, les germinations étaient soigneusement lavées, égouttées et placées dans des boîtes de Petri sur disques de papier filtre mbibé d'eau distillée. Les boîtes de Petri étaient réunies dans une étuve à température constante de 23°.

Pour chaque dilution nous avons noté le nombre des germinations dont l'inhibition des racines est complète et la longueur de la plus longue racine 2, 4, 6 et 8 jours après le trempage.

Action du trempage (24 et 48 heures) de l'Orge germée dans des solutions de substance de croissance.

Substance et concentration.	Nombre de jours après le trempage. 2 jours. a. Trempage. 24h.	48h.	b. Trempage. 24h.	48h.	4 jours. a. Trempage. 24h.	48h.	b. Trempage. 24h.	48h.	6 jours. a. Trempage. 24h.	48h.	b. Trempage. 24h.	48h.	8 jours. a. Trempage. 24h.	48h.	b. Trempage. 24h.	48h.
α-indol β-acétique 10^{-3}....	26	100	6	0	14	97	26	2,5	14	97	39	4	14	97	46	5
» 10^{-4}....	9	81	15	2,5	5	11	41	21	5	9	51	33	5	9	59	47
» 10^{-5}....	0	0	21	7	0	0	52	29	0	0	64	50	0	0	81	61
» 2.10^{-3}....	37	100	4	0	29	100	19	0	28	100	38	0	28	100	42	0
» 2.10^{-4}....	17	89	13,5	2	10	17	37	17,5	10	15	47	28,5	10	15	57	42
» 2.10^{-5}....	3	7	15	6,5	0	0	51	26,5	0	0	61	48	0	0	79	57
α-phénylacétique 10^{-3}....	24	84	7	1,5	11	47	29	13	11	44	39,5	27	11	44	44,5	42
» 10^{-4}....	7	29	18	4	2	5	37	25	2	5	56	38	2	5	64,5	51
» 10^{-5}....	0	0	23	8	0	0	53	31	0	0	64,5	32,5	0	0	85,5	64
» 2.10^{-3}....	32	97	5	1	26	65	24,5	11	23	61	36	26	23	61	41	39
α-phénylacétique 2.10^{-4}....	11	37	16	2,5	7	14	35	22	7	12	55	36	7	12	59,5	50
» 2.10^{-5}....	0	0	22	7	0		51	30	0	0	61,5	51,5	0	0	81	60
α-indol acétique 10^{-5} + α-phénylacétique 10^{-5}.	0	0	21	7	0	0	51	30	0	0	61	51	0	0	80	60
Témoins..................	0	0	25	8,5	0	0	52,5	32,5	0	0	67	53	0	0	86,5	64,

a = Pourcentage des inhibitions.
b = Longueur en millimètre de la plus longue racine.

De l'examen de ce tableau nous constatons qu'un trempage de 24 heures dans des solutions d'acide indol β-acétique à la concentration de 10^{-3} et de 2.10^{-3} est nettement inhibiteur, puisque 8 jours après le trempage nous observons que pour 14 % et 28 % des germinations la croissance est complètement arrêtée par rapport aux témoins et que pour les germinations qui supportent cette concentration l'élongation des racines est réduite de 50 % par rapport aux témoins; à la concentration de 10^{-4} et de 2.10^{-4} l'effet inhibiteur est plus faible : 5 et 10 % seulement des germinations voient leur croissance arrêtée et celles qui résistent à cette concentration 8 jours après le trempage ont une longueur seulement inférieure de 35 % par rapport aux témoins; à la concentration de 10^{-5} et de 2.10^{-5} la plus longue racine 8 jours après l'immersion a une longueur inférieure de 7 à 10 % par rapport aux témoins.

Aux mêmes concentrations l'effet inhibiteur est nettement moins élevé avec l'acide phénylacétique qu'avec l'acide indol β-acétique.

A la concentration de 10^{-5} l'acide phénylacétique semble par rapport aux témoins être indifférent. A cette concentration nous avons prolongé l'expérience quelques jours (10 jours), les longueurs des racines des témoins et grains germés trempés 24 heures restent sensiblement égales.

L'étude des mélanges nous montre, comme nous l'avons déjà observé, que les actions toxiques ne s'ajoutent pas.

L'examen des résultats obtenus par un trempage de 48 heures indique qu'un trempage de 48 heures est, pour toutes les concentrations, nettement plus préjudiciable pour les germinations qu'un trempage de 24 heures.

En résumé, l'acide indol β acétique et phénylacétique à la concentration de (10^{-3} et 10^{-4}) inhibent nettement la croissance de l'Orge germée, à la concentration de 10^{-5} n'ont pas d'influence sur la croissance.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Action de l'effet de groupe sur la production des ailés chez* Brevicoryne brassicæ *L.* (Hem. Aphididæ). Note de M. **Lucien Bonnemaison**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

J'ai signalé (¹) qu'il était possible d'élever, à la lumière naturelle et à une température moyenne de 20°, plus de 80 générations consécutives de *B. brassicæ* comprenant presque exclusivement des femelles virginipares aptères.

En plein air, il peut apparaître des ailés dans une proportion voisine de 100 %, principalement au printemps et en automne lorsque la densité de population est très élevée (²). J'ai pu réaliser expérimentalement une surpopulation plus ou moins poussée en plaçant les Pucerons dans des cages de 6 à 12^{mm} de diamètre appliquées sur des feuilles de Chou.

Des virginipares aptères adultes étaient mis par groupes de 10 dans des cages de 6^{mm} de diamètre. Chaque jour, ces cages étaient transférées sur un autre emplacement afin que les Insectes n'eussent pas une alimentation déficiente et les larves étaient séparées de leurs mères : *toutes ces larves furent aptères.*

Des larves âgées de moins de 24 heures produites par des aptères isolés ont été élevées dans les mêmes conditions jusqu'au quatrième stade larvaire; au début de l'expérience, chaque cage renfermait 50 individus : la mortalité fut de 70 à 90 %, mais 7 % au maximum des survivants étaient des virginipares ailés; leur descendance comprenait à peu près exclusivement des formes aptères.

Par contre, les larves laissées pendant plusieurs jours en contact avec leurs mères, mises en surpopulation à raison de dix adultes par cage, deviennent

(¹) L. Bonnemaison, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 209.

(²) L. Bonnemaison, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1415.

ailées dans une proportion plus ou moins importante suivant les modalités de l'expérience. Les larves, séparées de leurs mères tous les 48 heures, sont ailées dans une proportion de 0 à 4 % ; le pourcentage peut s'élever à 15 % lorsque les larves ne sont enlevées que toutes les 72 heures et à 25 % lorsqu'elles restent 96 heures auprès de leurs mères; il atteint 75 % dans le cas où les larves séparées de leurs mères tous les trois jours sont ensuite mises en surpopulation jusqu'au quatrième stade.

Ces faits démontrent que les virginipares ailés apparaissent sous l'influence d'un *effet de groupe* (3). Ce facteur n'agit pas immédiatement; dans les conditions relatées précédemment et à une température moyenne de 20°, les ailés ne sont produits que cinq à six jours après la mise en surpopulation des mères et les pourcentages maxima sont notés du sixième au dixième jours après le début de l'expérience; il diminue ensuite graduellement.

Il n'est pas nécessaire que les virginipares aptères soient laissés plusieurs jours en surpopulation pour qu'ils engendrent des ailés : des aptères élevés isolément pendant quatre à huit jours après la mue imaginale et mis ensuite en surpopulation avec leurs larves, ont donné, durant les trois jours suivants, respectivement 35 et 43 % d'ailés. Ces résultats démontrent que la tendance à engendrer des virginipares ailés est beaucoup plus marquée quatre à cinq jours après la mue qu'immédiatement après celle-ci; même à cette période favorable, il est indispensable que les larves restent au contact de leurs mères pendant plus de 48 heures ainsi que le prouve l'expérience suivante. Des aptères ont été mis en surpopulation dans les petites cages dont il a été parlé plus haut; leurs larves, enlevées des cages toutes les 24 heures jusqu'au sixième jour, étaient presque toutes aptères; celles produites du sixième au neuvième jour ont été laissées avec leurs mères : 34 % d'entre elles sont devenues ailées. Il n'a été obtenu ensuite que 4 % d'ailés avec les larves nées du neuvième au onzième jour (48 heures de contact), 2 % avec celles nées du onzième au treizième jour.

La production des ailés de *B. brassicæ* est donc liée à un effet de groupe, mais il est nécessaire que celui-ci agisse à la fois sur les géniteurs et sur leurs larves. Ce mode d'action ne peut être étendu à tous les *Aphidinæ*, et nous verrons ultérieurement que quelques autres espèces se comportent à cet égard d'une manière toute différente.

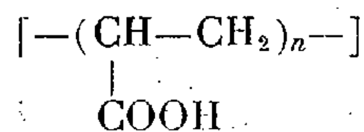
BIOPHYSIQUE. — *Configuration des macromolécules filiformes ionisées en solution.* Note de Mlle **Sylvanie Guinand**, Mmes **Fanny Boyer-Kawenoki**, **Alma Dobry** et M. **Jacques Tonnelat**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les solutions de protéines filiformes, d'acide nucléique visqueuses et biréfringentes quand elles sont neutres deviennent fluides quand on modifie

(3) P.-P. Grassé, *Bull. Biol. Fr. et Belg.*, 76, 1942, p. 347.

le pH. Cette transformation étant irréversible lorsque la modification de pH est importante, on l'attribuait autrefois, dans tous les cas, à une dégradation. Or, les travaux théoriques de H. Kuhn (1) et ceux de J.-J. Hermans (2) montrent que pour une macromolécule filiforme, le degré d'ionisation a une grande influence sur l'encombrement, sans qu'on ait à faire intervenir un phénomène de dégradation : une molécule en forme de pelote lorsqu'elle est faiblement ionisée se déploie en une chaîne sinueuse se rapprochant d'un bâtonnet quand elle est ionisée.

L'étude des solutions aqueuses d'acide polyacrylique



dont l'état varie réversiblement en fonction du degré d'ionisation nous a permis de vérifier ces théories. La forme des molécules est déduite de l'examen de la lumière diffusée suivant la méthode déjà utilisée et dans les mêmes conditions (3). On mesure le coefficient de dissymétrie qui est le rapport $q = (I_{\pi-\theta}/I_\theta)$ des intensités diffusées dans deux directions d'observation symétriques par rapport à 90°.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

Concentration (g./%).	Acide polyacrylique non ionisé (en présence de HCl 1,15 N) P. M. osmotique 180 000 (4) 8,79.	4,09.	3,07.	2,03.	Acide polyacrylique (sous forme de sel de Na) fortement ionisé 3 à 5.
70°-110°.......	1,23	1,21	1,20	1,23	3
60 -120	1,31	1,28	1,32	1,32	5
50 -130	1,55	1,44	1,41	1,38	8
40 -140	1,74	1,58	1,58	1,59	14
100° à 90°......	0,69	0,37	0,37	0,37	4,4

Acide polyacrylique non ionisé (en présence d'HCl 1,15 N). — En portant les valeurs du coefficient de dissymétrie sur les courbes construites d'après les formules théoriques, on constate que l'on doit avoir affaire à une pelote sphérique dont la distance des extrémités libres est 910 Å.

Acide polyacrylique faiblement ionisé (en milieu aqueux). — Les coefficients de dissymétrie sont plus élevés, à concentration égale, que ceux de l'acide polyacrylique en présence d'HCl; ils varient avec la concentration et passent

(1) H. Kuhn, *Bull. Soc. Chim. Belg.*, 57, 1948, p. 421.

(2) J.-J. Hermans, *Bull. Soc. Chim. Belg.*, 57, 1948, p. 154.

(3) J. Tonnelat et S. Guinand, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 602; S. Guinand et J. Tonnelat, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 708.

(4) Boyer-Kawenoki, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 69.

par un minimum. Leurs valeurs se rapprochent de celles que donne la théorie pour une pelote.

Acide polyacrylique fortement ionisé (sous forme de sel de Na). — L'intensité diffusée est faible (2 à 3 fois celle de l'eau) même à la concentration en poids de 8 % ; les mesures sont alors peu précises de sorte que les valeurs du coefficient de dissymétrie indiquées dans le tableau ne donnent qu'un ordre de grandeur. L'examen des courbes théoriques montre que les valeurs de q sont trop élevées pour être compatibles avec la forme d'une pelote ou d'un bâtonnet. Mais la comparaison avec des résultats antérieurs sur le virus de la mosaïque du tabac, contrôlés au microscope électronique, montre qu'il doit s'agir d'une chaîne sinueuse (pelote déroulée). Nous n'avons pas dans ce cas de formule théorique permettant de déterminer les dimensions de la molécule.

A concentration égale, l'intensité diffusée à 90° par l'acide ionisé est environ le cinquantième de celle que diffuse l'acide non ionisé; pour des solutions de concention 8 %, déjà très visqueuses, elle diminue même, restant de l'ordre de grandeur de celle de l'eau. Il est possible que la forte répulsion électrostatique, qui s'exerce entre les longues molécules de polyacrylate de sodium déployées et très rapprochées, favorise une distribution plus régulière, ce qui diminue l'intensité diffusée.

Ainsi l'acide polyacrylique, macromolécule filiforme et stable, change profondément de configuration lorsqu'on fait varier le degré d'ionisation, l'interprétation de la variation de viscosité, de biréfringence d'écoulement et de vitesse de sédimentation en fonction du pH doit tenir compte de cette modification.

BIOLOGIE PHYSICO-CHIMIQUE. — *Réaction de précipitation permettant de déceler, dans le sérum de tuberculeux, et aussi de lépreux, des anticorps précipités par un polysaccharide du bacille tuberculeux.* Note (*) de Mlle **Nine Choucroun**, présentée par M. Gaston Ramon.

On sait depuis longtemps que des anticorps spécifiques se développent chez les humains au cours de l'infection par le bacille tuberculeux. Tous les efforts tentés pour déceler ces anticorps par une réaction de précipitation se sont montrés jusqu'ici infructueux, et seule la réaction de fixation du complément avec des limitations de non spécificité a pu être employée.

L'infection ou l'immunisation par le bacille tuberculeux donne naissance à un degré de protection aisément contrôlable chez les animaux d'expérience. Le mécanisme par lequel cette résistance se développe est encore obscur.

Dans la plupart des maladies bactériennes, il a été possible de démontrer que le mécanisme de l'immunité consiste dans le développement d'anticorps,

---

(*) Séance du 4 juillet 1949.

qui ont la propriété de réagir spécifiquement avec la bactérie ou l'un de ses constituants antigéniques. Dans le cas du bacille tuberculeux, bien que des anticorps spécifiques apparaissent au cours de l'infection, aucune démonstration de ce genre n'a pu être encore donnée.

L'expérimentation sur les animaux a indiqué que les cobayes traités préventivement par le lipopolysaccharide antigénique que nous avons extrait du bacille tuberculeux (¹), développent un degré certain de résistance à l'infection.

Si les anticorps circulants, décelés chez les animaux ainsi immunisés, jouent un rôle dans le mécanisme de la protection en tuberculose, on devait pouvoir non seulement les déceler dans le sérum de tuberculeux, mais encore trouver une certaine corrélation entre la présence ou l'absence de ces anticorps et la résistance des malades à l'infection.

Tout d'abord, il a été possible de déceler des anticorps dans le sérum de tuberculeux par une réaction directe de précipitation, utilisant comme agent précipitant le polysaccharide, antigène-haptène, séparé par hydrolyse alcaline de notre lipopolysaccharide antigénique.

Dans cette exploration préliminaire, nous n'avons pas essayé de déterminer quantitativement le taux des anticorps, ni par dilution des sérums, ni en utilisant la méthode quantitative précise de Heidelberger.

Technique de la réaction de précipitation. — Du sang veineux recueilli stérilement et coagulé à la température ordinaire est conservé 12 heures environ à 4° C. Le sérum est préparé par centrifugation à 2000 t/min, puis centrifugé pendant 5 minutes à 4500 t/min.

2$^{cm^3}$ de sérum sont mis dans chacun de deux tubes de Wasserman stériles. A l'un de ces tubes on ajoute l'antigène; l'autre tube est conservé comme contrôle. La quantité d'antigène nécessaire pour obtenir une précipitation appréciable dans un sérum positif est de 5γ, c'est-à-dire 1/20 de centimètre cube d'une solution physiologique contenant 1/10 de milligramme d'antigène par centimètre cube. Les sérums éprouvés et les sérums de contrôle sont conservés à 4° C pendant une semaine environ, et la lecture des tubes est faite après une centrifugation de 5 minutes à 4500 t/min. Dans les sérums positifs, un disque est généralement formé, facilement observable par une légère agitation du tube. Un faux précipité se forme parfois dans les deux tubes, mais disparaît par agitation prolongée.

Nous avons jusqu'ici examiné 298 sérums provenant de cas de tuberculose et 108 sérums provenant de personnes présumées non tuberculeuses, personnes normales ou affectées d'autres maladies.

Résultats. — Parmi les cas de tuberculose, 209 étaient des cas de tuberculose active comprenant tous les degrés de la maladie, depuis les cas rapidement

(¹) *Science*, **105**, 1947, p. 2715; *Amer. Rev. The.*, 3, n° 56, 1947.

progressifs jusqu'aux cas en régression; 98 sérums provenaient de cas estimés guéris, les uns depuis moins de deux ans et les autres depuis plus de deux ans.

1° Nous n'avons pas trouvé d'anticorps dans tous les cas de tuberculose active. Seulement environ 50 % des sérums ont été trouvés positifs. Mais la proportion relative des sérums positifs aux sérums négatifs est environ trois fois plus grande dans les cas de régression de la maladie (positifs 37, négatifs 24) que dans les cas de progression de la maladie (positifs 23, négatifs 50). Un nombre à peu près égal de sérums positifs (36) et négatifs (39) fut trouvé dans les cas pour lesquels le pronostic clinique est réservé.

2° Nous avons trouvé des anticorps dans certains cas de tuberculeux estimés guéris, mais la proportion des sérums positifs par rapport aux sérums négatifs est beaucoup plus grande dans les cas de tuberculose guérie depuis moins de deux ans qu'elle ne l'est dans les cas guéris depuis plus de deux ans.

Ces résultats semblent indiquer que les anticorps polysaccharidiques sont prédominants dans les cas de tuberculeux luttant avec succès contre la maladie. Ils montrent, d'autre part, que ces anticorps demeurent présents pendant un certain temps chez les sujets estimés guéris.

Comme contrôle pour la spécificité de la réaction, nous avons examiné le sérum de 99 personnes présumées non tuberculeuses; 47 personnes normales, 15 cas de syphillis très active, 15 cas de pneumonie, 15 cas de cancer et 18 cas de maladie variées. Cinq sérums positifs furent trouvés dans ce groupe : trois parmi les personnes dites normales et deux dans les cas de pneumonie. Étant donné que le diagnostic de non tuberculose pour tous ces cas a été fait uniquement d'après l'examen radiologique des poumons, nous pensons que ces 5 % de cas positifs ne mettent pas en cause la spécificité de notre réaction.

Tous ces résultats suggèrent une corrélation possible entre ces anticorps polysaccharidiques et la résistance à l'infection tuberculeuse. La détermination quantitative de ces anticorps dans des cas sélectionnés et suivis doit permettre de préciser la valeur protectrice de ces anticorps dans la tuberculose humaine.

Une réaction croisée a été obtenue avec le sérum de lépreux et ce polysaccharide du bacille tuberculeux. Dans cinq cas déjà examinés, une forte réaction de précipitation a été observée. *Ce résultat est la première démonstration d'une parenté chimique certaine entre le bacille de la lèpre (non encore cultivable) et le bacille tuberculeux, rapprochés en raison de leur acidorésistance.*

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les caractères de l'adénosinetriphosphatase (adénylpyrophosphatase) du muscle.* Note (*) de MM. **Jean Roche**, **Nguyen van Thoai** et **Lionel de Bernard**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'activité adénylpyrophosphatasique de la myosine du Lapin est inhibée par Mg^{++} et augmentée par Ca^{++}, tandis que celle de l'actomyosine est

(*) Séance du 4 juillet 1949.

favorisée par ces deux ions et divers autres (Bailey, Engelhardt et Lyubimova, Szent-Györgyi et Banga). On a par ailleurs séparé de la myosine du Lapin une adénosinetriphosphatase activable par Mg^{++} (Polis et Meyerhof), caractère que présente également l'enzyme de l'organe électrique de la Torpille (Gréville et Lehmann), du venin des serpents (Zeller) et de la myosine du Dauphin (Du Bois, Geiling, Mac Bride et Thomson). Aussi doit-on se demander s'il convient d'identifier l'adénosinetriphosphatase à la myosine et s'il n'existe dans le muscle qu'un seul enzyme de ce type. Nos recherches apportent une contribution à cette étude.

La myosine brute de Carpe et de Chien, précipitée à partir d'extraits musculaires selon la technique de Szent-Györgyi, est activée par Ca^{++} et Mg^{++}. Elle renferme de l'actine que l'on élimine par trois redissolutions et reprécipitations. Elle demeure alors activable par Ca^{++}, tandis que Mg^{++} l'inhibe et le fractionnement de ses préparations par le sulfate d'ammonium ne modifie pas la sensibilité à ces ions. On trouvera dans le Tableau I, où l'activité enzymatique a été exprimée en Q_P (μl P libérés/mg protéine/heure), quelques exemples de nos résultats.

TABLEAU I. — *Influence de* Ca^{++} *et de* Mg^{++} *sur l'activité adénosinetriphosphatasique de la myosine de Carpe et de Chien* (pH 9,0, 37°).

		Q_P.				
		Cl_2Ca.			Cl_2Mg.	
Nature des préparations.	Sans effecteurs.	0,005 M.	0,01 M.	0,05 M.	0,01 M.	0,05 M.
Myosine brute de Chien......	550	1650	1062	922	600	–
Myosine purifiée de Chien....	1490	6280	–	5775	126	84
Myosine brute de Carpe......	720	1680	3130	2400	3130	2760
Myosine purifiée de Carpe....	–	12180	–	–	0	0
Myosine brute de Carpe fractionnée par $SO_4(NH_4)_2$.....	400	–	1050	996	1135	756
Myosine purifiée de Carpe fractionnée par $SO_4(NH_4)_2$....	–	–	2550	4100	0	0

Une adénosinetriphosphatase de caractéres différents a été obtenue de la manière suivante : 50g de muscle de Carpe sont broyés, puis extraits par 10 fois leur poids d'eau à + 1°. La solution additionnée d'un volume égal de KCN 0,001 M et portée à pH 9,0 constitue la préparation A. Elle est précipitée par addition de 35 %, en volume, de solution saturée de sulfate d'ammonium de pH 9,0. Le précipité est mis en suspension dans 50^{cm^3} KCl 0,5 M (pH 8,5) et la solution séparée par centrifugation est diluée au cinquième par KCl 0,5 M. Ces opérations sont répétées deux fois. Après la seconde précipitation, la solution, portée à 100^{cm^3} avec KCl 0,5 M, additionnée

de 50^{cm^3} KCN 0,001 M et centrifugée, constitue la préparation B. Celle-ci est diluée au quart avec un milieu de pH 7,5 renfermant : histidine 0,06 M, KCl 0,4 M, KCN 0,001 M (¹) et centrifugée pendant 1 heure à 6000 t/min (préparation C). L'activité enzymatique des produits A, B et C a été étudiée en présence de divers cations. $1^{cm^3},5$ d'un mélange de pH 7,5 constitué par : $0^{cm^3},75$ d'histidine 0,1 M, $0^{cm^3},2$ d'enzyme, $0^{cm^3},3$ de solution d'acide adénosinetriphosphorique pur renfermant 350γ P labile et $0^{cm^3},25$ de solution d'effecteur métallique, est porté à 38° pendant 5 minutes. Les phosphates libérés sont dosés par la technique de Lowry et Lopez. Exemple des résultats :

Tableau II. — *Influence de divers cations divalents sur l'action de l'aldénylpyrophosphatase du muscle de Carpe* (préparations A, B et C).

	Q_P.				
Nature des préparations.	Cl_2Ca. 0,005 M.	Cl_2Mg. 0,005 M.	Cl_2Mn. 0,003 M.	$(CH_3COO)_2Zn$. 0,0001 M.	SO_4Ni. 0,005 M.
A..........	1510	2520	2645	0	798
B..........	0	3635	9240	0	4260
C..........	0	7840	46000	0	2500

Le pH optimum de l'enzyme des préparations A, B et C (pH 7,0-7,5) est différent de celui de la myosine (pH 9,0) et les sels de magnésium ne le modifient pas. A partir d'un certain degré de purification, Ca^{++} et Zn^{++} sont inhibiteurs; Mg^{++}, Ni^{++} et surtout Mn^{++} sont alors activateurs, les valeurs de Q_P observées en présence de ce dernier étant beaucoup plus élevées que celles obtenues par Kielley et Meyerhof ($Q_P = 7\,000$-$10\,000$) (¹).

On pourrait, adoptant les conceptions de ces auteurs, conclure qu'il existe dans le muscle une adénylpyrosphosphatase distincte de celle de pH optimum = 9,0, que l'on identifie à la myosine. Il nous paraît plus légitime d'envisager que le tissu musculaire renferme un seul enzyme de ce type, physiologiquement fixé à la myosine et dont les caractères sont fonction de son degré de purification et de la nature des produits qui l'accompagnent. L'activation par Mg^{++}, Mn^{++} et Ni^{++} semble favorisée par l'actine, celle due à Ca^{++} ou Zn^{++} l'étant par d'autres produits, en l'absence desquels ces deux ions deviennent inhibiteurs. L'étude des pyrophosphatases et des phosphomonoestérases alcalines a déjà fourni des faits du même ordre (³), en sorte que, l'action

(¹) W. W. Kielley et O. Meyerhof, *Journ. biol. Chem.*, 174, 1948, p. 387, et 176, 1948, p. 591.

(³) J. Roche, Nguyen-van Thoai et J. Durand, *Bull. Soc. Chim. Biol.* (*Trav.*), 25, 1943, p. 1166; Nguyen-van Thoai, J. Roche et M. Roger, *Biochim. biophysic. Acta*, 1, 1947, p. 61.

conjuguée d'effecteurs et de coeffecteurs régissant l'intensité des diverses hydrolyses phosphatasiques, le cas de l'adénylpyrophosphatase musculaire ne constituerait pas une exception.

MICROBIOLOGIE. — *Le contrôle d'une pénicilline retard et son expression graphique.* Note (*) de MM. **Henry Penau, Henri Velu, Nicolas Karatchentzeff** et **Pierre Destouches**, présentée par M. Gaston Ramon.

Nous avons défini ailleurs ([1]) les bases qui, en fonction des concentrations sanguines moyennes, nous semblaient indispensables pour l'appréciation d'une pénicilline et souligné ici même ([2]) l'importance de l'accumulation quand il s'agit d'une pénicilline retard. Les chiffres moyens ne font pas toujours ressortir l'importance de ces notions, c'est pourquoi nous avons cru utile de relever non seulement la concentration moyenne, mais encore les taux maximum et minimum et de préciser leur valeur, grâce à la traduction graphique pour une forme nouvelle de pénicilline retard : le pénicillinate de quinine en suspension aqueuse qui doit à sa faible solubilité la lenteur de son élimination. La détermination des pénicillinémies, initiale, d'accumulation et d'élimination chez 21 malades recevant d'abord une dose unique de 300 000 U pour l'établissement de la pénicillinémie initiale, puis des doses quotidiennes de 300 000 U, nous ont permis de relever les concentrations sanguines suivantes :

1° *Pénicillinémie initiale* (graphique I)

	1.	4.	8.	12.	24.	36.	48.	72.	96.
Maximum	1,45	1,30	0,42	0,35	0,25	0,05	0,04	0,02	0,02
Moyenne	0,57	0,63	0,25	0,18	0,09	0,036	0,03	0,018	0,008
Minimum	0,18	0,36	0,11	0,09	0,03	0,02	0,02	0,01	0

2° *Pénicillinémie d'accumulation* au cours d'un traitement quotidien avec 300 000 U, interrompu le dimanche. Les exposants qui sont affectés aux heures indiquent le nombre d'injections pratiquées : On lira donc par exemple en face de 48^{6}, les titres à la 48e heure après la 6e injection immédiatement avant la 7e (graphique II).

	24^{1}.	24^{2}.	24^{4}.	48^{6}.	24^{7}.	24^{8}.	24^{10}.	48^{12}.
Maximum	0,25	0,18	0,33	0,20	0,28	0,28	0,45	0,33
Moyenne	0,10	0,12	0,17	0,07	0,15	0,16	0,21	0,10
Minimum	0,03	0,07	0,05	0,01	0,04	0,06	0,10	0,02

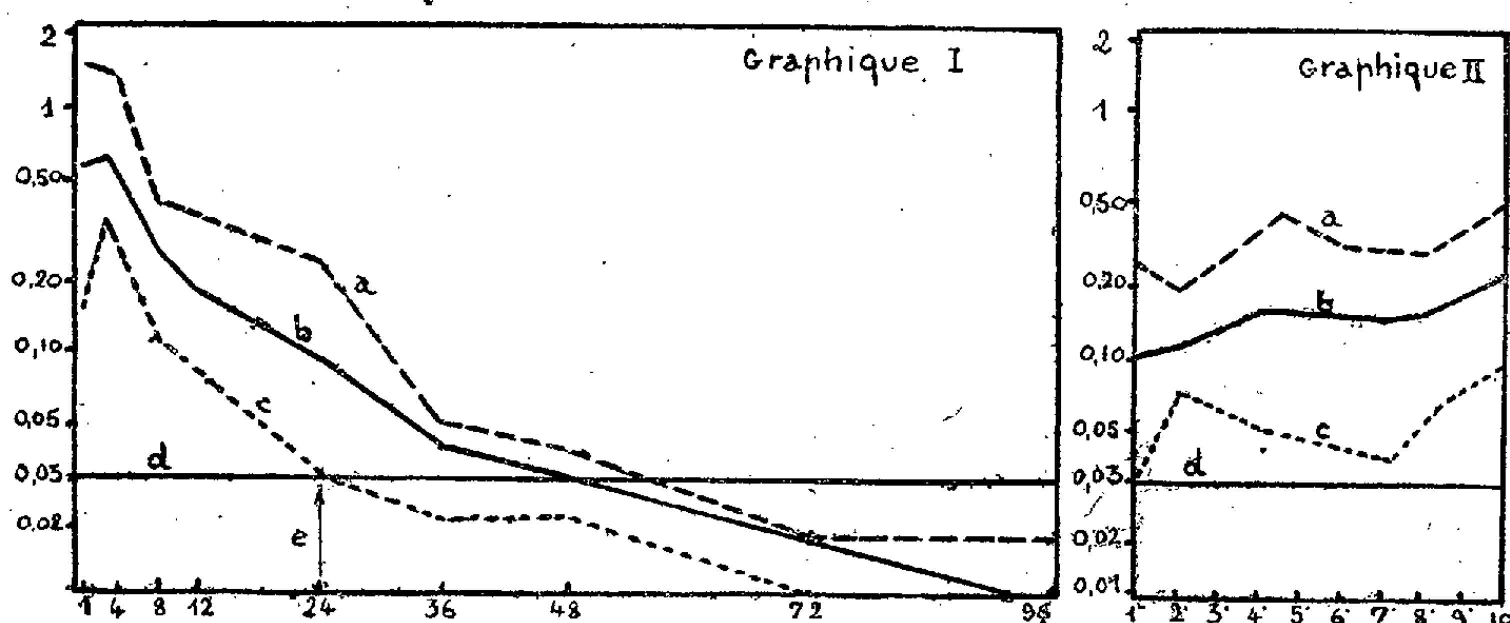
(*) Séance du 4 juillet 1949.

([1]) H. Velu, N. Karatchentzeff, P. Destouches et Mme D. Decaris, *Bull. Acad. Méd.*, 132, 1948, p. 578.

([2]) P. Destouches, Mme D. Decaris, H. Velu et N. Karatchentzeff, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 000.

3° *Pénicillinémie d'élimination.* — Après un traitement de 2 semaines, soit 12 injections de 300 000 U, à 24 heures d'intervalle et un repos de 48 heures entre la 6e et la 7e

	48.	60.	72.	84.	96 H.
Maximum..........	0,33	0,25	0,18	0,14	0,14
Moyenne..........	0,14	0,08	0,07	0,034	0,027
Minimum..........	0,02	0	0	0	0



I. *Pénicillinémie initiale.* II. *Pénicillinémie d'accumulation.*

a, taux maximum; *b*, taux moyen; *c*, taux minimum; *d*, taux thérapeutique théorique minimum; *e*, coefficient de sécurité 100 % (limite).

Le simple examen de ces tableaux et mieux encore des graphiques, permet de voir immédiatement :

1° que l'injection de 300 000 U a été suivie d'une pointe initiale moyenne au voisinage de 0,60 U d'une durée de 4 heures (tableau I);

2° que la concentration thérapeutique théorique minimum de 0,03 U/cm³ s'est maintenue jusqu'à la 48e heure en moyenne, mais seulement jusqu'à la 24e heure chez les sujets qui ont éliminé le plus rapidement (tableau I);

3° que l'accumulation a fait monter régulièrement les concentrations sanguines moyennes à la 24e heure de 0,09 à 0,10 U/cm³ après la première injection, à 0,21 après la 10e et les concentrations minimum de 0,03 à 0,10 (tableau II). L'augmentation de la dose quotidienne de 300 à 500 000 U permettrait d'augmenter notablement ces concentrations.

4° que l'élimination après la cessation du traitement est cependant assez rapide (tableau III);

5° que le coefficient de sécurité qui exprime le pourcentage des malades chez lesquels la concentration thérapeutique théorique minimum persiste encore à un moment donné a été de 100 % à la 24e heure après la 1re injection; c'est le point où la courbe du taux sanguin minimum passe au-dessous de 0,03 U/cm³; il n'atteint pas ce taux à la 48e heure même en accumulation (tableau II).

D'autres essais nous ont montré que la dose de 500 000 U permet d'y arriver. Le pénicillinate de quinine en suspension aqueuse se comporte donc comme une pénicilline retard d'au moins 24 heures pour la dose de 300 000 U/jour et 48 heures pour celle de 500 000.

En résumé, la détermination de la courbe du taux moyen des concentrations sanguines pour les pénicillinémies initiales, d'accumulation et d'élimination ne permet pas de définir complètement la valeur d'une pénicilline retard; il convient d'y ajouter celles des concentrations extrêmes, supérieure et inférieure.

La séance est levée à 16h.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 23 mai 1949.)

Note présentée le 16 mai 1949, de M. *Jean Rostand*, Polydactylie naturelle chez la Grenouille verte (*Rana esculanta*) :

Page 1666, 16e ligne, *au lieu de* quatre femelles et cinq mâles, *lire* cinq femelles et quatre mâles.

Page 1666, 17e ligne, *au lieu de* quatre femelles, *lire* cinq femelles.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 JUILLET 1949.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à Mgr **Ferdinand Vandry**, Recteur de l'Université de Québec, qui assiste à la séance.

Notice nécrologique sur André Boivin,
par M. **Maurice Javillier**.

A 54 ans, en pleine maturité de son talent, André Boivin vient de disparaître. C'est une perte infiniment douloureuse pour la Biochimie. Né à Auxerre, le 18 avril 1895, Boivin poursuit parallèlement ses études médicales et scientifiques à l'Université de Marseille. Il est licencié ès sciences en 1921, docteur en Médecine en 1926. Il débute dans la recherche en 1923. Au début de 1927, il quitte Marseille pour Strasbourg, afin de travailler auprès du Professeur Nicloux. Il y demeure trois ans et trouve, dans les résultats de son effort expérimental, l'objet de sa thèse de doctorat ès sciences, qu'il soutient à Paris en 1931.

Dès 1930, le Professeur Cantacuzène l'avait sollicité d'aller à Bucarest réorganiser l'enseignement de la Chimie biologique. Durant six années, Boivin est titulaire de Chaire à la Faculté de Médecine de Bucarest et dirige, à l'Institut Cantacuzène, un laboratoire de Chimie et de Physiologie microbiennes.

En 1936, il revient en France, à l'Institut Pasteur de Paris, afin d'y poursuivre ses recherches, notamment sur l'Immunologie. En 1940, il est sous-directeur de ce grand Établissement, auprès de notre Confrère M. Gaston Ramon, alors Directeur.

En 1946, il accepte d'aller à Strasbourg occuper la Chaire de Chimie médicale de la Faculté de Médecine, et c'est de notre Université alsacienne que nous parvient la nouvelle, qui nous touche profondément, de sa mort prématurée.

Les travaux d'André Boivin appartiennent tous au domaine de la Biochimie. Les premiers sont surtout de caractère analytique; d'autres se rapportent à la Chimie physiologique et pathologique; les plus récents ont trait à la Chimie microbienne et l'Immunochimie.

I. Dès la première heure, A. Boivin a compris l'importance des méthodes microanalytiques en Biochimie et il s'applique à les connaître et les perfectionner. Un de ses premiers travaux vise un microdosage de l'urée, dont les stades essentiels sont la précipitation de la diamide à l'état de dixanthylurée selon Fosse et le dosage de l'azote dans le précipité par micro-Kjeldahl. Puis il compare le micro-Kjeldahl au micro-Dumas selon Pregl et déduit de minutieuses observations les conditions auxquelles le micro-Kjeldahl est applicable aux matériaux d'étude des Biochimistes. Parallèlement, il s'occupe du dosage du carbone dans les matières organiques, perfectionne les méthodes de Simon et de Nicloux et montre que sa technique permet de faire, sur les matières les plus diverses, des déterminations aussi précises que la microcombustion.

Le dosage des purines par celui de l'azote de leurs combinaisons insolubles, cuivreuses ou argentiques, n'est pas sans être critiquable, du fait qu'il ne discerne pas l'azote nucléaire et l'azote des groupes aminés. Le dosage du carbone des mêmes précipités est aussi dépourvu de signification, parce qu'il englobe le carbone nucléaire et le carbone des groupements méthyl liés à l'azote. Boivin montre très ingénieusement comment l'on peut déterminer azote total et azote aminé, carbone total et carbone des CH_3. On peut dès lors exprimer azote et carbone nucléaires des purines. Il met de même au point le microdosage individuel des composés puriques : adénine, hypoxanthine et xanthine, acide urique.

Boivin se qualifie donc très vite comme un analyste avisé et met à la disposition des biochimistes des méthodes qui témoignent de la rigueur de son esprit et de son habileté expérimentale.

II. Mais Boivin s'est adonné, et tout de suite, à de plus vastes problèmes, se rattachant à la Chimie physiologique et pathologique. L'insuline pancréatique venait d'être découverte par Banting et Best. Notre compatriote s'efforce de l'obtenir en un état de pureté aussi élevé que possible. Il parvient à un produit déjà très hautement purifié, car l'analyse élémentaire de son insuline concorde remarquablement avec celle de l'insuline que M. Abel obtient au même moment (1927), à Baltimore, à l'état cristallisé.

Il y avait encore beaucoup à acquérir sur la répartition des bases puriques et pyrimidiques chez les animaux. Grâce aux bonnes méthodes analytiques dont il dispose, Boivin est à même de nous apporter maints documents sur ces bases dans le sang et dans l'urine. Normalement, sang et urine ne renferment guère de bases pyrimidiques. Ils n'en renferment des quantités sensibles qu'en cas d'ingestion ou injection de doses massives, alors que l'aptitude que l'organisme possède de les transformer en urée se trouve débordée. L'urine

des Mammifères renferme surtout : adénine, hypoxanthine, xanthine; point de guanine, ni de purines méthylées. L'urine humaine renferme un peu de purines méthylées, de l'adénine et des oxypurines. La masse totale des bases xanthiques s'élève parallèlement à celle de l'acide urique. Dans les globules sanguins se rencontrent de l'acide urique et des nucléotides à adénine, oxyadénine et hypoxanthine; il n'y a pas de nucléotides à guanine et à xanthine. Dans le plasma, l'on trouve surtout des bases xanthiques libres; il n'y a pas de nucléotides. Incidemment, Boivin nous apporte quelques données sur les composés puriques chez les Crustacés. Chez *Maïa squinado* il caractérise : acide urique, xanthine et oxypurine; il n'y a pas de méthylpurines.

III. La direction d'un laboratoire de l'Institut Cantacuzène a orienté A. Boivin vers la Chimie microbienne. Ce qu'il cherche à faire, c'est d'abord un véritable bilan des principes qui entrent dans la constitution des cellules bactériennes et ensuite une recherche des enzymes qui en contrôlent la formation et la destruction.

Il étudie notamment l'ensemble des substances azotées et phosphorées acido-solubles des bactéries, en entendant par là tout ce qui passe en solution quand on traite les corps bactériens par l'acide trichloracétique et que, de ce fait, les protéines se trouvent insolubilisées. Il qualifie les formes d'azote de ces extraits trichloracétiques : sels ammoniacaux, amides, amino-acides libres, polypeptides, composés puriques (purines, nucléosides, nucléotides). Le phosphore acido-soluble se partage entre des orthophosphates, des nucléotides puriques, des esters phosphoriques proprement dits. La cellule microbienne apparaît d'ailleurs comme singulièrement plastique, variable dans sa composition suivant les espèces, ce qui va de soi, mais aussi suivant maintes circonstances de milieu.

Il isole une phosphatase et découvre ces antigènes glucido-lipidiques qui devaient l'acheminer vers l'étude plus particulière de l'immunochimie.

L'azote purique des Bactéries représente environ 10 % de l'azote total et 90 % de cet azote purique est acido-insoluble; il correspond à des polynucléotides, c'est-à-dire à des acides nucléiques. Les bactéries sont très riches en nucléoprotéines. Seule une petite part de l'azote purique est acido-soluble et correspond à des purines libres (de l'adénine surtout), des nucléosides, des nucléotides. Par autolyse, les acides nucléiques diminuent, tandis qu'augmentent leurs produits de clivage; il y a chez les bactéries : nucléases, nucléotidases, nucléosidases et des diastases désaminantes qui transforment les aminopurines en oxypurines.

Les acides nucléiques des bactéries sont représentés à la fois par de l'acide ribonucléique et de l'acide désoxyribonucléique. Le premier est présent en quantité d'autant plus grande que les germes sont plus jeunes et son intervention dans la croissance des bactéries paraît évidente. Le second est moins variable et sa fonction paraît tout autre.

Tandis qu'Avery découvre aux États-Unis les mutations dirigées des pneumocoques, Boivin met en évidence les mutations dirigées des colibacilles. Dans l'un et l'autre cas, un germe A prend les caractères antigéniques et biochimiques d'un germe voisin B, lorsqu'on fait agir, sur A vivant, de l'acide désoxyribonucléique retiré de B. Ainsi est-on conduit à admettre l'existence de nombreux acides désoxyribonucléiques distincts, chacun vecteur de caractères particuliers. Une telle vue incite par extension à envisager la copule nucléique de chaque gène comme dépositaire du caractère commandé par celui-ci.

A une date encore récente, Boivin et ses collaborateurs, en mettant en œuvre des enzymes spécifiques, localisent l'acide ribonucléique dans un cytoplasme périphérique et l'acide désoxyribonucléique dans un noyau. Ils découvrent le noyau de nombreuses bactéries, décrivent ses figures de division et mettent fin aux controverses qui ont si longuement divisé les chercheurs sur la question de la structure des bactéries.

IV. En Immunochimie, Boivin a apporté quelques notions fondamentales. C'est, avons-nous dit, la découverte des antigènes glucido-lipidiques qui le conduisirent à se consacrer à cette branche importante de la connaissance. Les immunologistes savaient que les bactéries var. smooth renferment des antigènes somatiques O, dont la présence est liée à la virulence et au pouvoir vaccinant des germes. Ces antigènes eux-mêmes n'avaient pas été isolés, mais on connaissait certains de leurs produits de destruction qui se comportent comme des haptènes, spécifiques, mais non antigéniques; ces haptènes sont des polysaccharides et l'on imaginait volontiers les antigènes O comme constitués par des associations polysaccharides-protéines, celles-ci apportant le pouvoir antigénique.

En 1933, Boivin étudiait un microbe voisin des paratyphiques (le bacille d'Ærtryck) et, avec ses collaborateurs L. et I. Mesrobeanu, il isole une substance remarquable qui se comporte d'une part comme un antigène O complet, c'est-à-dire spécifique et antigénique et, d'autre part, comme une endotoxine thermostable. Antigène O et endotoxine étaient une même substance et celle-ci était constituée par un complexe glucido-lipidique, plus exactement par l'association d'un polysaccharide (comportant des sucres aminés) et d'un phospholipide. Une substance non protéique pouvait être antigénique et ceci dérangeait les conceptions courantes. On ne peut suivre, dans une notice qui se doit d'être brève, toutes les recherches que Boivin à consacrées aux antigènes glucido-lipidiques de divers microorganismes (var. smooth de Bactéries à Gram négatif), notamment du Bacille d'Eberth, à leurs réactions et à leurs rôles. Notons seulement que, plus tard, il sépare (par les sels d'uranyle) les deux antigènes O et Vi du bacille d'Eberth, tous deux thermostables, glucido-lipoïdiques, donnant naissance à deux anticorps bien distincts. Notons aussi que la conception initiale des antigènes glucido-lipidiques a dû subir une addition; ceux-ci comportent un troisième constituant; ce sont, en fait, des complexes

glucido-lipido-polypeptidiques, dont la fraction polypeptide est d'ailleurs quantitativement faible.

On sait en quoi se distinguent exotoxines et endotoxines. Boivin montre combien il est facile, par voie chimique, de les séparer et combien facile de les classer d'après leurs caractères physiques, chimiques, biologiques. On sait aussi comment les anatoxines de G. Ramon dérivent des exotoxines en en perdant la toxicité et conservant l'activité antigénique. Boivin cherche à obtenir l'anatoxine diphtérique aussi pure que possible et l'on peut avancer qu'il l'a effectivement préparée en un état voisin de la pureté. C'est une substance protéinique dont 3/1000 de milligramme se combinent à une unité d'antitoxine diphtérique, comme 3/1000 de milligramme de toxine diphtérique pure atteignent au même but.

Du bacille de Shiga (bacille dysentérique) A. Boivin isole deux toxines par sa méthode à l'acide trichloroacétique : l'une est l'antigène glucido-lipidique de la var. smooth; l'autre, qui existe à la fois chez les variantes smooth et rough, est une exotoxine protéique.

A son œuvre originale de Biochimie, A. Boivin a associé une œuvre d'enseignement qui mérite non moins d'estime. Il a fait, à Bucarest et à Strasbourg, un enseignement magistral de tout premier ordre. A Paris, devant plusieurs de nos Sociétés scientifiques et dans quelques grands Établissements universitaires, à l'Étranger en plus d'un Congrès, il a fait des Conférences remarquables par leur ordonnance et leur clarté. Elles valaient tant par les faits énoncés que par les idées générales qu'il en faisait surgir. De son talent pédagogique il a donné également le témoignage en quelques livres, les uns relativement élémentaires, mais trés à jour au point de vue de la pensée, tels que : *Bactéries et Virus*, *Les Microbes;* d'autres, plus fortement charpentés et documentés, tels que : *L'Organisme en lutte contre les Microbes* (ce dernier avec le Dr Albert Delaunay).

Tandis que l'Académie de Médecine l'avait accueilli en 1941 comme Membre titulaire, l'Académie des Sciences l'avait, en janvier 1948, élu Correspondant au titre de sa Section d'Économie rurale.

En Boivin, la Biochimie perd un Maître ardent, enthousiaste, éveillant des vocations et suscitant des travaux. Quel drame que la disparition de ce Maître encore jeune dont nous attendions encore tant!

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur une forme nouvelle de l'interaction entre les charges électriques et le champ électromagnétique.* Note de M. **Louis de Broglie.**

Dans une Note déjà ancienne ([1]) nous avions attiré l'attention sur une hypothèse qui permettrait d'obtenir, en théorie quantique des champs, une

([1]) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 361.

valeur finie pour l'énergie propre d'une charge électrique. Nous distinguions, comme on le fait en Mécanique ondulatoire du photon, les coordonnées X, Y, Z de la charge (composantes du vecteur $\vec{R}$) et les variables x, y, z du champ (composantes du vecteur $\vec{r}$). L'expression de l'énergie d'interaction entre la charge et le champ dans un système de référence où la charge est au repos, est alors de la forme

$$\iint V(\vec{r})\rho(\vec{R})\,\delta(\vec{r}-\vec{R})\,d\vec{r}\,d\vec{R}, \tag{1}$$

où δ est la fonction de Dirac. Le rôle de δ dans (1) est d'exprimer que le champ électromagnétique est appliqué en chaque point de l'espace à la charge qui y est présente. L'expression (1) conduit, on le sait, à une valeur infinie de l'énergie propre de la charge implicitement supposée ponctuelle. Pour éviter ce résultat, nous suggérions de remplacer la fonction en aiguille infiniment fine $\delta(\vec{r}-\vec{R})$ par une fonction en aiguille très fine $f(\vec{r}-\vec{R})$ et nous donnions comme exemple l'exponentielle Gaussienne $e^{-|\vec{r}-\vec{R}|^2/\sigma^2}$, où la constante très petite σ jouerait le rôle du rayon classique de l'électron. Cette substitution qui exprimerait une sorte d'incertitude du point d'application du champ sur la charge, conduirait à une valeur finie de l'énergie propre.

Malheureusement cette idée se heurte à des difficultés de variance relativiste. Pour les préciser, plaçons-nous au point de vue de la théorie multitemporelle de MM. Dirac, Fock et Podolsky [2] qui introduit des temps distincts t et T pour le champ et pour la charge. La variance relativiste correcte de l'expression (1) est mise en évidence par le fait qu'on peut l'écrire dans un système galiléen quelconque

$$\left|\iint \sum_{\mu} A_{\mu}(x, y, z, t)\, j_{\mu}(XYZT)\left(-\frac{1}{4\pi c}\frac{\partial D(0)}{\partial t}\right) dx\,dy\,dz\,dX\,dY\,dZ\right|_{t=T} \tag{2}$$

où D(o) est la forme que prend pour $k_0 = 0$ la fonction singulière invariante de Pauli-Heisenberg

$$D(k_0) = -\frac{1}{2\pi^2}\int \frac{\sin\left[kc(t-T)-\vec{k}(\vec{r}-\vec{R})\right]}{k}\,d\vec{k} \tag{3}$$

avec $k^2 = |\vec{k}|^2 + k_0^2$ [3]. On a, en effet, pour toute valeur de k_0

$$\left|\frac{1}{c}\frac{\partial D(k_0)}{\partial t}\right|_{t=T} = -4\pi\delta(\vec{r}-\vec{R}). \tag{4}$$

---

(2) *Voir* par exemple, Louis de Broglie, *Mécanique ondulatoire du photon et théorie quantique des champs*, 1949, Chap. XIII. Nous supposons nulle la masse du photon, ce qui ici ne change rien d'essentiel.

(3) *Mécanique ondulatoire du photon*, p. 118.

Or, si l'on veut remplacer dans (1) la fonction δ par une fonction en aiguille infiniment fine, on ne peut plus trouver une forme analogue à (2) assurant la variance relativiste correcte.

La lecture d'un récent mémoire de M. Feynman ([4]) nous a amené à reprendre l'étude de ce problème. Guidé dans ce choix par les suggestions de M. Feynman et d'autres auteurs, nous emploierons les potentiels de Wentzel ([5]) (potentiels réels en unités non rationalisées) donnés par les formules suivantes

$$(5)\qquad A_\mu(x, y, z, t, X, Y, Z, T) = -\varepsilon\int_{-\infty}^{X_\mu}[D(o) - D(k_0)]\,dX_\mu,$$

l'intégration étant prise le long de la ligne d'Univers de la charge. Les A_μ satisfont aux relations

$$(6)\qquad \square A_\mu = -k_0^2\varepsilon\int_{-\infty}^{X_\mu} D(k_0)\,dX_\mu; \qquad \sum_\nu \frac{\partial A_\nu}{\partial x_\nu} = \varepsilon[D(o) - D(k_0)].$$

De la définition des champs en notation d'Univers

$$F_{\mu\nu} = \frac{\partial A_\nu}{\partial x_\mu} - \frac{\partial A_\mu}{\partial x_\nu},$$

nous tirons

$$\sum_\nu \frac{\partial F_{\mu\nu}}{\partial x_\nu} = \frac{\partial}{\partial x_\mu}\sum_\nu \frac{\partial A_\nu}{\partial x_\nu} - \sum_\nu \frac{\partial^2 A_\mu}{\partial x_\nu^2},$$

d'où pour $\mu = 4$

$$(7)\qquad \operatorname{div}\vec{E} = -\varepsilon\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}[D(o) - D(k_0)] + k_0^2\varepsilon\int_{-\infty}^{cT} D(k_0)\,d(cT)$$

En posant $t = T$ (égalisation des temps), on trouve en vertu de (4)

$$(8)\qquad \operatorname{div}\vec{E} = k_0^2\varepsilon\left|\int_{-\infty}^{cT} D(k_0)\,d(cT)\right|_{T=t}.$$

Calculons le second membre dans un système de référence où la charge est immobile. A partir de la définition (3), on obtient avec l'aide du théorème des résidus

$$(9)\qquad \left|\int_{-\infty}^{cT} D(k_0)\,d(cT)\right|_{T=t} = \left[\frac{1}{2\pi}\int_0^\infty \frac{|\vec{k}|^2\,d|\vec{k}|}{|\vec{k}|^2 + k_0^2}\int_0^\infty e^{-i|\vec{k}||\vec{r}-\vec{R}|\cos\theta}\sin\theta\,d\theta\right] + \text{conj.}$$
$$= \frac{e^{-ik_0|\vec{r}-\vec{R}|}}{|\vec{r}-\vec{R}|}$$

([4]) R. P. FEYNMAN, *Physical Review*, 74, 1948, p. 939, où l'on trouvera une bibliographie de la question.

([5]) *Mécanique ondulatoire du photon*, p. 197 et suiv.

d'où, d'aprés (8),

(10) $$\operatorname{div} \vec{E} = 4\pi\varepsilon f(\vec{r} - \vec{R})$$

avec

(11) $$f(\vec{r} - \vec{R}) = \frac{k_0^2}{4\pi} \frac{e^{-k_0|\vec{r}-\vec{R}|}}{|\vec{r} - \vec{R}|}.$$

On vérifie que l'intégrale de f dans tout l'espace est égale à un.

L'équation (10) montre que tout se passe comme si la charge ponctuelle ε de position $\vec{R}$ était remplacée par une distribution continue de charge totale ε et de densité

(12) $$\sigma(r) = \varepsilon \frac{k_0^2}{4\pi} \frac{e^{-k_0|\vec{r}-\vec{R}|}}{|\vec{r} - \vec{R}|}.$$

Il est remarquable que les fonctions f et σ ont la forme d'un potentiel de Yukawa. D'ailleurs, il est facile de vérifier qu'une distribution d'électricité de densité (12) crée au point $\vec{r}$ (le point $\vec{R}$ étant pris pour origine) le potentiel scalaire

(13) $$V(r) = \varepsilon \frac{1 - e^{-k_0 r}}{r}$$

qui est la différence d'un potentiel coulombien et d'un potentiel de Yukawa, résultat en accord avec l'hypothèse faite en introduisant la forme (5) des potentiels.

Nous sommes ainsi amenés à substituer dans l'expression (1) la fonction $f(\vec{r} - \vec{R})$ définie par (11) à la fonction $\delta(\vec{r} - \vec{R})$, ce qui est conforme à notre suggestion de 1935.

Il est dès lors facile de trouver une valeur *finie* pour l'énergie propre d'une charge ponctuelle devenue ici équivalente à une distribution étendue de densité donnée par (12). En effet, l'énergie propre d'une telle distribution est

(14) $$W_0 = \frac{1}{2} \iint \frac{\sigma(\vec{r}_1)\,\sigma(\vec{r}_2)}{r_{12}} d\vec{r}_1\, d\vec{r}_2 = \int Q(r)\,\sigma(r)\, d\vec{r},$$

où $Q(r) = \int_0^r \sigma(r) 4\pi r^2\, dr$ est la charge contenue dans la sphère de rayon r. Avec l'expression (12) de $\sigma(r)$, on trouve d'abord

(15) $$Q(r) = \varepsilon[1 - e^{-k_0 r}(1 + k_0 r)]$$

puis

(16) $$W_0 = \frac{\varepsilon^2 k_0}{4}.$$

Un calcul fait en interprétant les interactions coulombiennes comme dues à des échanges virtuels de photons conduit au même résultat.

Les définitions (5) peuvent être interprétées comme exprimant l'existence entre deux charges ponctuelles, en plus de l'interaction électromagnétique, d'une interaction du type mésonique ($k_0 \neq 0$). L'introduction de la densité $\sigma(\vec{r})$ et par suite celle de f dans (1) permet de faire les calculs d'interaction comme si l'interaction électromagnétique existait seule.

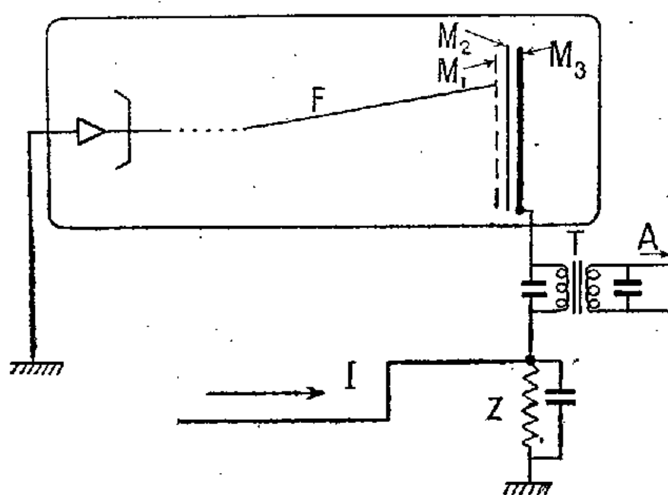
RADIOÉLECTRICITÉ. — *Images différentielles.*
Note (*) de M. **René Barthélemy.**

La propriété, connue depuis une dizaine d'années dans les analyseurs à électrons lents, présentée par le faisceau d'analyse d'être modulé par une charge préalablement déposée sur une cible isolée, procure une solution du problème de la transmission des seules variations du contenu d'une image, la partie constante n'étant pas répétée par l'analyse périodique.

Une expérience, récemment décrite par Weimer et Zworykin, a utilisé le tube dénommé *Image-Orthicon* et a démontré que l'inscription enregistrée sur la cible en verre de cet appareil ne fournissait, dans le faisceau de retour à électrons lents, que les impulsions dues aux variations intervenues entre deux analyses. Le système assez complexe, exige, en plus des accessoires normaux du tube et du contrôle, une source de lumière pulsante agissant sur la photocathode d'entrée.

Le dispositif de l'isoscope modulé en haute fréquence ([1]) m'a permis une réalisation plus simple, la même électrode pouvant servir à la fois à l'entrée et à la sortie des signaux, grâce à la sélection rendue possible par l'introduction d'une porteuse.

Le schéma (*fig.* 1) montre le principe du fonctionnement. Un isoscope,



dont le faisceau F est modulé par une tension de fréquence élevée par rapport aux signaux les plus brefs qu'on veut reproduire, est connecté par sa *plaque*

(*) Séance du 4 juillet 1949.
([1]) *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 57.

signal métallique M_3 adjacente à l'isolant M_2 supportant la mosaïque M_1, à deux impédances T et Z.

La deuxième Z reçoit la modulation totale provenant par exemple d'un récepteur *Radar* dont la bande est comprise entre les très basses fréquences et quelques mégacycles, et dont on doit extraire seulement les variations. L'autre T, est constituée par un circuit sélectif présentant la même bande, mais autour d'une porteuse suffisamment élevée pour que les signaux incidents appliqués sur Z ne produisent pas de tensions appréciables dans le secondaire de T.

Le faisceau est animé d'un mouvement synchronisé sur la fréquence de récurrence de la modulation I, qui provient d'un appareil de radar.

En l'absence de modulation les particules de la mosaïque se chargent négativement par rapport à la cathode, à un potentiel de l'ordre de 2 V et la fraction du courant du faisceau qui atteint la mosaïque est pratiquement annulée après la première exploration ([2]).

La modulation est alors appliquée de telle façon que les impulsions tendent toujours à rendre positive la plaque M_3. Le couplage capacitif extrêmement serré, M_3, M_1 et la faible capacité des éléments de la mosaïque par rapport à l'enveloppe procurent à toutes les particules la même élévation momentanée de potentiel; pendant cette application le faisceau F envoie sur les éléments qu'il frappe un flux d'électrons qui ne s'annule que lorsque leur potentiel s'est abaissé de nouveau à -2 V. On a donc ainsi chargé négativement, à des valeurs diverses, les éléments explorés pendant la durée des signaux. Lorsque ceux-ci sont supprimés, la charge subsiste et les potentiels des particules descendent au-dessous du niveau -2 V, à diverses valeurs et restent stables si la constante de temps de l'isolant est assez grande par rapport à la période de répétition. Elle ne doit cependant pas être trop élevée, pour éviter le trainage.

Au moment de la première application, une intensité haute fréquence provenant de l'impact du faisceau est envoyée à travers le transformateur T et, à l'aide des systèmes connus, elle inscrit une première fois le diagramme de la modulation totale.

Au cours de la deuxième période, s'il n'existe aucune variation d'amplitude et de phase dans le signal périodique, l'application de la modulation va remonter au niveau -2 V, le potentiel des particules précédemment abaissé. Le faisceau arrivant sur ces parties ne subira donc pas de variation, et aucune composante de haute fréquence ne sera transmise aux amplificateurs. Si, par exemple, il s'agit d'une image immobile, ou des échos d'obstacles fixes dans le Radar, on ne notera pas de signal important au cours de quelques explo-

---

([2]) *Onde Électrique*, décembre 1945.

rations successives. Par contre, si un décalage se manifeste dans les objets visés, il n'y a plus superposition exacte des parties négatives et une onde H. F. sera transmise, fonction du déplacement, ou de la variation d'amplitude.

La simplicité de cette méthode et de l'appareillage laissent prévoir de nombreuses applications. Toutefois, celles concernant la télévision sont encore aléatoires. Il est à noter que le tube sélecteur est plus facile à construire que l'isoscope, car la plaque conductrice M_3 peut être épaisse et non transparente, et la mosaïque ne nécessite pas de photosensibilité.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Effets nucléaires de très grande énergie dus aux rayons cosmiques*. Note (*) de M. **Louis Leprince-Ringuet**, Mlle **Françoise Bousser**, MM. **Hoang Tchang Fong**, **Louis Jauneau** et **Daniel Morellet**.

Nous avons observé, dans l'émulsion de plaques G5 spéciales Ilford, des étoiles nucléaires, provoquées par rayons cosmiques, et dans lesquelles apparaissent des gerbes plus ou moins serrées de traces voisines du minimum d'ionisation relativistes. De telles étoiles ont déjà été observées par Powell (1) à 3 500^{m} d'altitude, et par Cosyns, Dilworth, Occhialini et Schönberg (2).

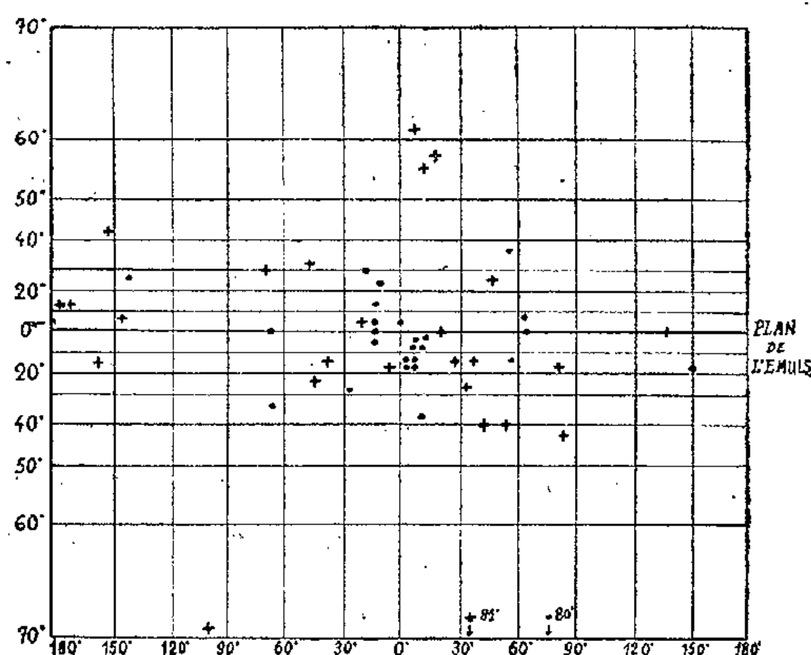


Fig. 1.
Étoile n° 1.

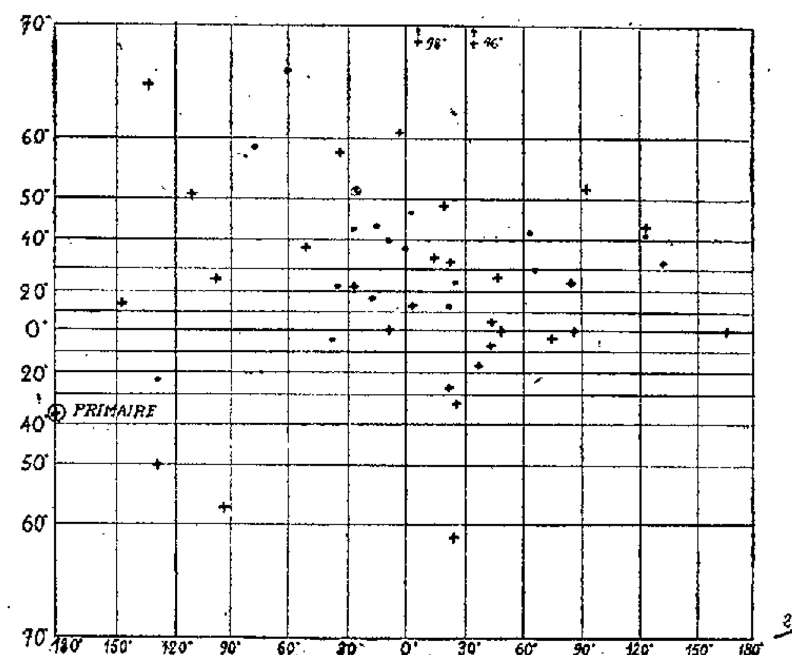


Fig. 2.
Étoile n° 2.

● branches dont l'ionisation est voisine du minimum.
+ branches fortement ionisantes.

Nous allons décrire ici les deux étoiles les plus caractéristiques obtenues au cours d'expéditions de ballons-sonde entre 25 et 35 kilomètres d'altitude. Chacune d'elles comporte un nombre de branches supérieur à 50 (55 pour

(*) Séance du 4 juillet 1949.

(1) Brown, Camerini, Fowler, Muirhead, Powell et Ritson, *Nature*, 163, 1949, p. 47.

(2) Communication privée des auteurs.

l'une, 51 pour l'autre) et contient, d'une part des branches relativistes, d'autre part des branches dont l'ionisation est forte.

Étoile n° 1. — Les branches dont l'ionisation est notable sont au nombre de 27. Elles sont réparties avec une prédominance légère vers le bas. On peut se rendre compte de la disposition de ces branches ionisantes par la projection de Mercator représentée figure 1. Les branches fortement ionisantes sont indiquées par des croix ; elles consistent en fragments nucléaires habituels, protons, particules α, etc.

Les branches relativistes sont représentées par des points. On voit qu'elles sont, pour la plupart, *très groupées* : sur les 28 que l'on observe, il y en a 17 émises dans un demi-angle de 30°, 2 entre 30 et 45°, 6 autour de 60° et 3 très aberrantes. Il n'y a pas de primaire ionisant pour cette étoile.

Étoile n° 2. — Elle comporte 17 branches relativistes et 34 branches plus ionisantes. Les traces au minimum sont *beaucoup moins groupées*.

La trace la plus caractéristique est celle indiquée par le n° 1. Elle est épaisse et possède de nombreux secondaires. On retrouve cette trace sur les quatre plaques voisines avec la même ionisation à peu de chose près. Différents arguments montrent qu'*elle se dirige vers l'étoile* et que c'est la particule correspondante qui a provoqué l'étoile.

Nous devons donc examiner les deux étoiles séparément, puisqu'elles correspondent à deux phénomènes extrêmement différents ayant le caractère commun de mettre en jeu une très grande énergie, supérieure à 10 BeV.

Analyse de l'étoile n° 1. — 1° On peut se demander quelle est la nature des particules relativistes de l'étoile 1. L'hypothèse d'une nature mésonique a été émise par Powell (¹) et semble bien être en partie valable. Il s'agirait d'une gerbe de mésons émises par un noyau nécessairement lourd.

Mais nous devons faire ici une remarque : il n'y a pas de coupure très nette entre les branches dont l'ionisation est très faible et celles dont l'ionisation est plus forte. Entre les deux, il y a un certain nombre de traces produisant une ionisation de deux à trois fois le minimum, et c'est naturellement sur ces traces que nous pourrons faire le plus facilement des tentatives de discrimination. Or, toutes celles que nous avons pu observer sur une grande longueur (10 000$^{\mu}$ par exemple) doivent être toujours attribuées à des particules nucléaires et non à des mésons. Ainsi, lorsque l'ionisation sera de l'ordre de 3 ou supérieure, nous considérerons, sauf évidence contraire, la particule comme un proton ou un fragment léger de noyau.

Il est donc naturel de penser que, parmi les traces relativistes, il y a des protons.

2° Remarquons aussi qu'il est peu vraisemblable que dans des collisions de très grande énergie, dans lesquelles un certain nombre de mésons sont créés, l'on ait grande chance d'observer des mésons lents. Un tel méson lent exige pour apparaître la réunion simultanée de deux conditions : si l'on admet que

le phénomène peut s'étudier dans le système [G] du centre de gravité du nucléon incident et d'un nucléon du noyau, les mésons émis avec un peu d'énergie dans ce système nous apparaîtront tous comme projetés vers l'avant avec grande énergie dans le système du laboratoire; seuls, les mésons émis vers l'arrière dans le système [G] *et avec une énergie déterminée* apparaîtront comme lents. L'observation des mésons lents sera donc nécessairement un phénomène rare.

3° Il est évident, enfin, que toutes les particules relativistes ne peuvent pas être des protons dans l'étoile 1, car le nombre des charges électriques déduit des traces ionisantes serait en ce cas supérieur au numéro atomique de l'argent qui est l'élément de l'émulsion dont le Z est le plus élevé. On ne peut, dans cette étoile, considérer comme protoniques que 15 *au plus* parmi les traces relativistes; il y a donc 12 traces relativistes qui sont soit mésoniques, soit électroniques. Nous faisons l'hypothèse, dans ce qui suit, qu'aucune des traces observées n'est électronique.

Discussion. — Après ces remarques, cherchons à déduire de l'observation de l'étoile n° 1 quelques indications sur le mode de production des mésons. Pour cela, imaginons différents schémas que nous discuterons.

1er *Schéma.* — Toutes les particules relativistes sont des mésons créés en un seul acte au cours d'une interaction nucléon-nucléon. Ce schéma n'est pas acceptable. En supposant tous les mésons créés avec la même énergie dans le système du centre de gravité des deux nucléons, on trouve (3) la relation suivante entre le demi-angle maximum d'ouverture de la gerbe ψ_m et le nombre n de mésons :

$$\sin\psi_m = \frac{2}{nkr}, \quad \text{avec} \quad r = \frac{m\ \text{méson}}{\text{M proton}} = \frac{1}{6,5}$$

et $1/k$ étant la fraction de l'énergie disponible utilisée pour la création des mésons.

On peut avoir sur la valeur de k une idée en examinant les fragments nucléaires à forte ionisation et l'on peut estimer à 15 % la fraction de l'énergie dépensée pour autre chose que la création des mésons.

Si nous appliquons à la gerbe observée ces considérations, nous voyons qu'il est impossible d'attribuer la formation de tous les mésons à une collision unique nucléon-nucléon, car l'angle de la gerbe est trop ouvert.

Il ne peut donc s'agir d'une production multiple en un seul acte de tous les mésons, si les particules relativistes sont toutes considérées comme des mésons.

Cette conclusion est un peu moins décisive si l'on pense que les particules relativistes les plus aberrantes sont des protons émis par collision par le primaire ou le nucléon heurté, après création de la gerbe de mésons.

---

(3) Cl. Peyrou, B. d'Espagnat et L. Leprince-Ringuet, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1777.

2e *Schéma*. — Une première production multiple en un seul acte d'environ 15 mésons, suivie d'une ou de deux autres productions de moindre multiplicité dans le même noyau.

Après la première multiplicité, une seconde peut être envisagée dans le même noyau, mais l'énergie étant plus faible, le rabattement relativiste sera moins accusé et cette seconde gerbe, de quelques mésons seulement, apparaîtra comme moins groupée que la première. Si nous considérons la partie la mieux groupée de la gerbe, et si nous l'attribuons à un phénomène multiple en un seul acte, nous aurons à considérer la présence de 15 mésons rapides environ dans un cône dont le demi-angle au sommet et de 30°. En prenant pour $1/k$ la valeur 0,8, nous trouvons que $\sin\psi_m = 0,6$ environ, c'est-à-dire que le demi-angle maximum de la gerbe doit être de 40°. Cela va bien avec les hypothèses admises précédemment.

Le schéma indiqué, c'ést-à-dire production pluralo-multiple des mésons, paraît admissible, il peut être d'ailleurs précisé par les considérations suivantes :

Un schéma pluralo-multiple implique, en effet, la mise en mouvement très rapide d'un nombre de nucléons d'autant plus grand que les multiplicités sont moins importantes.

Comme l'observation de l'étoile n° 1 nous autorise à envisager *au plus* une douzaine de protons très rapides et qu'il faut, d'après la remarque n° 1, envisager un nombre appréciable de protons parmi les traces relativistes, nous sommes conduits à partager ces 28 traces en 10 protons et 18 mésons environ. La première multiplicité de mésons serait donc moins nombreuse que prévu et serait suivie par un *petit nombre de mutiplicités faibles*, des nucléons relativistes étant émis en même temps. Il faut aussi penser que certains nucléons rapides peuvent être émis par collision : donc le nombre de multiplicités successives ne saurait dépasser quelques unités.

Si l'on fait un bilan de l'énergie totale dépensée dans ce phénomène, on trouve qu'elle est supérieure à 12 BeV et peut-être beaucoup plus grande.

L'hypothèse n° 2, avec plusieurs productions multiples de mésons dans le même noyau et libération de protons relativistes, paraît en assez bon accord avec les résultats de Butler ([4]), qui trouve une grande proportion de particules positives relativistes dans les gerbes pénétrantes observées avec son dispositif.

Elle est aussi en accord avec les calculs de Lewis, Oppenheimer ([5]), en considérant les mésons produits comme pseudoscalaires.

Analyse de l'étoile n° 2. — On peut d'abord étudier la trace par les méthodes qui ont été indiquées par Bradt ([6]).

([4]) BUTLER, Communication privée.

([5]) LEWIS, OPPENHEIMER et WOUDUYSEN, *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 127.

([6]) FRIER LOFGREN, NEY et OPPENHEIMER, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1818; BRADT et PETER, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1828.

Cette étude est assez facile à faire, parce que la trace est visible sur quatre plaques successives. Elle est à peu près au minimum d'ionisation correspondant à sa charge et l'on trouve que le Z de la particule est compris entre 14 et 20; l'énergie de cette trace est au moins de 10 BeV, c'est elle qui est à l'origine de l'étoile.

On peut se demander quelle est ici la nature des particules relativistes; il ne semble pas nécessaire d'admettre qu'il y ait des mésons créés, tout d'abord il n'y a pas de groupement bien caractéristique de ces traces; en second lieu, si l'on compte une charge de 17 unités pour la particule incidente et si l'on admet qu'un noyau d'argent a été heurté par cette particule avec pulvérisation de l'ensemble, on doit retrouver $17+47=64$ charges dans les produits de l'explosion. Or, on observe effectivement 51 particules : l'on doit supposer que quelques traces relativistes sont perdues par suite de leur inclinaison et aussi que 1/5 à 1/4 des traces plus ionisantes sont doublement chargées. Cela conduit à envisager $34+6+17+5$ environ charges émises. Nous sommes donc tout près des 64 charges que l'on doit envisager uniquement par pulvérisation de l'ensemble du noyau incident et du noyau d'argent. D'autre part, la considération du bilan d'énergie et d'impulsion est également en faveur de la nature protonique des particules relativistes. Enfin, l'énergie individuelle des nucléons du noyau incident est relativement faible, de l'ordre de 500 MeV, et la probabilité de production de mésons par des nucléons de cette énergie est faible.

Nous devons donc admettre *qu'il n'y a pas, ou très peu, de mésons produits*, et que le phénomène observé est dû uniquement aux protons ou fragments nucléaires légers préexistants dans les deux particules lourdes. Comme on le voit, ce phénomène est extrêmement différent du phénomène précédent dans lesquels l'énergie du nucléon incident, vraisemblablement un neutron, était supérieure à 10 milliards d'eV. Signalons que deux étoiles produites par particules lourdes rapides ont déjà été observées avec des plaques moins sensibles.

ÉLECTROCHIMIE. — *Décomposition par le courant électrique de quelques sels peu solubles*. Note de MM. **Pierre Jolibois** et **Victor Spreter**.

Dans une Note antérieure (1) l'un de nous a montré qu'une électrolyse effectuée dans l'eau distillée pouvait, dans certaines circonstances, décomposer avec un excellent rendement faradique, les sels d'un métal dont l'oxyde basique est facilement réductible. L'insolubilité du sel, comme nous l'avons montré, n'est pas un obstacle à cette décomposition. Nos expériences avaient en effet porté principalement sur le chlorure de plomb et le chlorure d'argent.

(1) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1149.

Nous avons étendu ces recherches à d'autres sels d'argent, de plomb et de cuivre particulièrement peu solubles.

Les essais effectués avec le sulfate, le phosphate et l'arséniate d'argent nous ont montré que ces sels se décomposent en argent métallique, avec libération de l'acide correspondant, en quantités stœchiométriques imposées par la loi de Faraday. L'acide ainsi mobilisé se retrouve intégralement, puisqu'il ne subit aucune décomposition du fait de l'oxygène libéré à l'anode. Tant qu'il reste du sel non décomposé, il n'y a aucun dégagement d'hydrogène à la cathode.

Au début de l'expérience, la tension nécessaire à l'électrolyse est très élevée, en raison de la grande résistance du liquide; elle diminue progressivement avec la libération de l'acide et l'augmentation de la conductibilité qui en résulte.

Avec l'oxalate d'argent également, la réduction est totale, mais par suite de la faible conductibilité de l'acide oxalique, la tension d'électrolyse demeure élevée.

Avec l'iodure d'argent, la réaction présente certaines particularités; comme nous l'avons constaté à propos du chlorure, 1/5 environ de l'acide iodhydrique formé au cours de l'électrolyse migre vers l'anode et au contact de celle-ci se transforme en iode sous l'influence de l'oxygène naissant qui s'y dégage. Le liquide brunit d'abord au contact même de l'anode; puis peu à peu l'iode dissous se diffuse progressivement vers la cathode en sens inverse de la marche des ions $\bar{I}$, ce qui n'est pas étonnant, puisque l'iode libre n'est en rien soumis au champ électrique. La coloration n'atteint pas le mélange argent-iodure d'argent; une zone d'environ 1^{cm} reste incolore; cela tient à ce que l'iode est immédiatement absorbé par l'argent métallique. Il en est de même d'une partie importante de l'acide iodhydrique formé au contact de la cathode. Par conséquent, ce dernier, au lieu d'être, compte tenu de la portion qui s'est dirigée vers l'anode, dans les proportions relatives à la loi de Faraday, correspond à un rendement électrique très inférieur à celui prescrit par cette loi. La réaction chimique d'absorption de l'acide iodhydrique par l'argent, est une réaction d'équilibre connue et antérieurement étudiée avec précision par H. Danneel ([2]).

Avec le cyanure d'argent, qui n'est pas un électrolyte, nous avons obtenu des résultats négatifs. Le chromate d'argent ne peut être décomposé qu'en ajoutant une petite quantité d'acide chlorhydrique juste suffisante pour que du chlorure d'argent puisse se former et être lui-même l'objet de la décomposition.

Le fluorure de plomb se décompose avec la même facilité que le chlorure de

---

([2]) H. Danneel, *Z. phys. Chem.*, 33, 1900, p. 415.

plomb, tandis que le sulfate, le phosphate et le chromate sont attaqués très lentement en même temps qu'il se produit un abondant dégagement d'hydrogène corrélatif d'un très mauvais rendement faradique.

Comme dans le cas cité plus haut du chromate d'argent, quelques gouttes d'acide chlorhydrique catalysent la réaction qui devient régulière avec un dépôt quantitatif de plomb et un dégagement d'hydrogène qui cesse brusquement d'être nul lorsque le métal est entièrement déposé.

Avec le phosphate de cuivre, nous obtenons exactement le même résultat avec une légère addition d'acide chlorhydrique.

Il est à noter qu'avec les acides fluorhydrique, arsénique, sulfurique, phosphorique, le rendement électrochimique en métal et en acide est le même pour les deux produits; car l'action oxydante de l'anode sur ces acides est sensiblement nulle.

Cette technique permet d'envisager à la température ordinaire, une préparation de l'acide sulfurique à partir du sulfate de calcium, en dépensant simplement du chlore et des kilowatts.

Si l'on fait réagir le chlorure de plomb sur le gypse en présence d'eau, on obtient très facilement le sulfate de plomb.

Comme on l'a vu plus haut, ce dernier peut être décomposé en acide sulfurique et plomb métallique. Il faut alors, à partir du métal, régénérer le chlorure de plomb par l'action de chlore libre.

M. **Albert Demolon** fait hommage d'un Ouvrage qu'il vient de publier, en collaboration avec M. Albert Marquis, intitulé : *Le phosphore et la vie*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Les corps gras. Constantes et données numériques des corps purs de la chimie des corps gras, par A. Parisot. Préface de J.-P. Sisley.

ANALYSE FONCTIONNELLE. — *Sur les fonctionnelles linéaires. Classe régulière de fonctions. Intégration.* Note de M. **Otton Martin Nikodým**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Nous reprenons les notions et les dénominations de la Note précédente [1]. Appelons (C), *classe régulière* (*cl. rég*). *de fonctions sur* 1, lorsque 1 est un

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 16.

ensemble (abstrait) non vide, et si les conditions suivantes se trouvent satisfaites : 0° si $f(s) \in (C)$, $f(s)$ est définie pour tous les $s \in 1$ et a des valeurs réelles : 1° si $f(s)$, $g(s) \in (C)$, et λ est un nombre réel, alors $f(s)+g(s) \in (C)$, $\lambda f(s) \in (C)$; 2° si $f_1(s) \geqq f_2(s) \geqq \ldots$ et $g_1(s) \leqq g_2(s) \leqq \ldots$ appartiennent à (C) et convergent sur 1 vers $h(s)$, alors $h(s) \in (C)$; 3° si $f(s) \in (C)$, alors $|f(s)| \in (C)$; 4° $f(s) = \text{const.} = 1$ appartient à (C). Si (G) est une *p. t.* sur 1, et $(C)_G$ est la classe de ses *fc. p. con.*, alors $(C)_G$ est une *cl. rég.* sur 1 ; il en est de même pour la classe $(C)_{Gb}$ des fonctions *p. con.* et bornées.

L'intersection d'un nombre quelconque de classes régulières sur 1 est une *cl. rég.* sur 1. Si (D) est une classe non vide quelconque de *fc.* sur 1, il existe une plus petite *cl. rég.* sur 1, comprenant (D).

Si (C) est une *cl. rég.* sur 1 et (G) est la classe de toutes les images inverses $x^{-1}(\alpha)$ où $x \in (C)$ et α est un sous-ensemble ouvert de $(-\infty, +\infty)$, alors $(G) = (G^*)$ est une *p. t.* réduite et, la classe $(C)_{Gb}$ de toutes les *fc. p. con.* par rapport à (G) et bornées coïncide avec la classe $(C)_b$ de toutes les fonctions bornées de (C). Si (C_1) est une classe de fonctions satisfaisant aux conditions 0°, 1°, 3°, 4° et à 2° *a* : la limite d'une suite uniformément convergente de fc. de (C_1) appartient toujours à (C_1), la classe (C_1) n'est pas nécessairement régulière ; la plus petite *cl. rég.* contenant $(C_1)_b$ se compose de toutes les fonctions *ambiguës* bornées [$x(s)$ telles qu'il existe deux suites $f_n(s)$, $g_n(s)$ monotones de $(C_1)_b$, comme dans 2°, tendant vers $x(s)$].

2. Soit (A) une tribu (simplement) additive de sous-ensembles de 1, où $1 \in (A)$. Nous ne considérerons que des fonctions réelles $f(s)$ définies partout sur 1. Nous dirons que $f(s)$ *s'accorde avec* (A) lorsque les ensembles $\hat{s}\{f(s) < \lambda\}$, $\hat{s}\{f(s) > \lambda\}$ appartiennent à (A), et cela quel que soit λ réel. Si $f(s)$ s'accorde avec (A), il en est de même pour $|f(s)|$, $f(s) \cup \mu$, $f(s) \cap \mu$ pour tout μ réel. Soit $|f(s)| \leqq M$ où $f(s)$ s'accorde avec (A). Par *l'envergure* d'une partition finie $\lambda_0 = -N < \lambda_1 < \ldots < \lambda_n = N$ de $(-N, N)$ où $N > M$ nous entendrons le nombre $\max(\lambda_i - \lambda_{i-1})$, $(i = 1, \ldots, n)$. Posons $a_i = \hat{s}\{\lambda_{i-1} < f(s) \leqq \lambda_i\}$, $b_i = \hat{s}\{f_{i-1} \leqq f(s) < \lambda_i\}$ et choisissons η_i de manière qu'on ait $\lambda_{i-1} \leqq \eta_i \leqq \lambda_i$.

Soit $\sigma(a)$ une fonction simplement additive et bornée d'ensemble a, définie pour tous les $a \in (A)$. Soit $\sigma^*(a)$, où $a \in (A)$, la borne supérieure des nombres $\Sigma_{j=1}^{m} |\sigma(c_j)|$ où $c_1 + \ldots + c_m = a$, $c_i c_j = 0$ pour $i \neq j$, $c_j \in (A)$ $(m = 1, 2, \ldots)$. Les sommes $\Sigma_i \eta_i \sigma(a_i)$, $\Sigma_i \eta_i \sigma(b_i)$ tendent vers une limite bien déterminée lorsque l'envergure tend vers 0. Cette limite sera désignée par $\int f(s)\, d\sigma$. On a $|\int f(s)\, d\sigma| \leqq M \sigma^*(1)$.

3. Cette intégrale du type de Fréchet, basée sur une mesure réelle simplement additive et bornée, peut être généralisée par la méthode connue de M. de la Vallée-Poussin. En effet soit $f(s)$ une fonction, non nécessairement bornée, s'accordant avec (A). Soit $0 < M_n \to \infty$, $0 < N_n \to \infty$ $(n = 1, 2, \ldots)$ et, posons $f_n(s) = (|f(s)| \cap N_n) \cup (-M_n)$. Lorsque $\lim_n \int f_n(s)\, d\sigma^*$ existe, convenons de dire que $f(s)$ *est* σ*-sommable*.

Alors la limite $\lim_n \int [f(s) \cap N_n \cup (-M_n)]\, d\sigma$ existe indépendamment du choix de M_n et N_n, et elle sera désignée par $\int f(s)\, d\sigma$. Si $f(s)$ est σ-sommable, on a $\int \lambda f(s)\, d\sigma = \lambda \int f(s)\, d\sigma$ et $|\int f(s)\, d\sigma| \leqq \int |f(s)|\, d\sigma^{\star}$. Si $f(s)$, $g(s)$ sont σ-sommables et si $f(s) + g(s)$ s'accorde avec (A), alors

$$\int [f(s) + g(s)]\, d\sigma = \int f(s)\, d\sigma + \int g(s)\, d\sigma.$$

Dans le cas où $(A) = (B)_G$ et où (G) est une *p. t.* sur 1, les fonctions *p. con.* s'accordent toujours avec (A) et, par conséquent, l'intégrale est additive en cas de σ-sommabilité de f et g. Remarquons que le procédé ordinaire de Lebesgue pour définir les intégrales de fonctions non bornées donne une sorte d'intégration différente de celle-ci et, de plus, l'intégrale correspondante n'est pas additive.

4. Si l'on pose $U(f) = \int f(s)\, d\sigma$ pour toutes les $f(s)$, *p. con.* par rapport à la *p. t.* (G) et σ-sommables, $U(f)$ représente une fonctionnelle linéaire qui est continue par rapport à la convergence uniforme. La classe $(C)_{G,G}$ de ces fonctions se trouve organisée en un espace vectoriel de Fr. Riesz-Banach, si l'on introduit la norme $\|f\| = \int |f(s)|\, d\sigma^{\star}$, deux vecteurs f, g étant considérés comme égaux, $f =_{\sigma} g$, lorsque $\int |f(s) - g(s)|\, d\sigma^{\star} = 0$. Cet espace n'est pas nécessairement complet, mais il peut être complété, si l'on introduit des êtres fonctionoïdes convenables ([2]). $U(f)$ est continue, dans l'espace indiqué, par rapport à la norme, et on a $\| U \| = \sigma^{\star}(1)$.

MÉCANIQUE QUANTIQUE. — *La section efficace des collisions nucléon-nucléon dans la théorie super-multitemporelle (méson pseudo-scalaire).* Note de MM. **Maurice Jean** et **Jacques Prentki**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons calculé la section efficace des collisions nucléon-nucléon, en nous appuyant sur les théories récentes de Tomonaga-Schwinger-Feynman-Dyson ([1]) et en introduisant uniquement le champ mésique pseudo-scalaire. Dans le cadre de la théorie symétrique de Kemmer, la densité du Lagrangien total a pour expression ([2]) :

$$L = -\frac{1}{2}\left\{\left(\frac{\partial \psi}{\partial x_\mu}\right)^2 + \varkappa^2 \psi^2\right\} - \frac{\hbar c}{i} \bar{\varphi} \left\{\gamma_\mu \frac{\partial}{\partial x_\mu} + \varkappa_N\right\} \varphi + \mathbf{R} \psi + \mathbf{P}_\mu \frac{\partial \psi}{\partial x_\mu},$$

où les caractères gras représentent les vecteurs de l'espace des spins isotopiques, ψ est le champ pseudo-scalaire, φ le champ de nucléons,

([2]) Otton M. Nikodým, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 375-377, 458-460 et 541-543.

([1]) Tomonaga et coll., *Progr. Theor. Phys.*, 1946-1948 *passim*; Schwinger, *Phys. Rev.*, **74**, 1948; p. 1439; *ibid.*, **75**, 1949, p. 651; Dyson, *Phys. Rev.*, **75**, 1949, p. 486 et 1736.

([2]) Møller et Rosenfeld, *Det. Kgl. Danske Vid.* **17**, n° 8, 1940.

$\mathbf{R} = f_1 \bar{\varphi}\boldsymbol{\tau}\gamma_5\varphi$ et $\mathbf{P}_\mu = (f_2/\varkappa)\bar{\varphi}\boldsymbol{\tau}\gamma_5\gamma_\mu\varphi$ sont les sources, $\varkappa$ et $\varkappa_N$ sont respectivement les masses réduites des mésons π et des nucléons, f_1 et f_2 sont les constantes de couplage ayant les dimensions d'une charge. En utilisant soit la méthode de Miyamoto ([3]), soit celle de Matthews ([3]), on obtient, dans la représentation d'interaction, l'équation du mouvement :

$$i\hbar c \frac{\delta \Psi[\sigma]}{\delta \sigma(x)} = \mathrm{H}(x)\Psi[\sigma], \tag{1}$$

avec

$$\mathrm{H}(x) = -\mathbf{R}\psi - \mathbf{P}_\mu \frac{\partial \psi}{\partial x_\mu} + \frac{1}{2}(\mathbf{P}_\mu \eta_\mu)^2. \tag{2}$$

où η_μ sont les composantes de la normale à la surface du genre espace σ au point x. En ce qui concerne l'intégrabilité du système d'équations représenté par (1), il faut toutefois remarquer que l'on a éliminé les difficultés liées au champ mésique, mais que celles qu'on rencontre en électrodynamique quantique subsistent ([4]).

Le calcul a été effectué par la méthode de Schwinger et par celle de Dyson et ces deux méthodes conduisent bien aux mêmes résultats. A partir de l'hamiltonien (2) on peut trouver la matrice S de Heisenberg, au second ordre, de laquelle on déduit aisément la section efficace ([5]). Le calcul montre, en utilisant les équations du mouvement des nucléons dans la représentation d'interaction ainsi que les relations de commutation des grandeurs de champ sur la surface σ, que le terme de couplage pseudo-vectoriel se ramène à un terme de couplage pseudo-scalaire et que le terme d'interaction directe $(\mathbf{P}_\mu \eta_\mu)^2$ peut être complètement éliminé. Les deux constantes d'interaction f_1 et f_2 se ramènent ainsi à une constante unique $f_3 = f_1 + 2(\varkappa_N/\varkappa)f_2$. Nous avons calculé la section efficace différentielle pour un système de référence quelconque, en première approximation de Born. Dans le cas particulier du système du centre de gravité, elle se réduit à

$$dQ = \frac{1}{4\pi^2}\left(\frac{f_3^2}{\hbar c}\right)^2 \frac{K^4}{\varepsilon^2} \times \left\{ a \frac{\sin^4\frac{\theta}{2}}{\left[4K^2\sin^2\frac{\theta}{2} + \varkappa^2\right]^2} + b \frac{\cos^4\frac{\theta}{2}}{\left[4K^2\cos^2\frac{\theta}{2} + \varkappa^2\right]^2} + c \frac{\sin^2\frac{\theta}{2}\cos^2\frac{\theta}{2}}{\left[4K^2\sin^2\frac{\theta}{2} + \varkappa^2\right]\left[4K^2\cos^2\frac{\theta}{2} + \varkappa^2\right]} \right\} d\Omega, \tag{3}$$

([3]) MIYAMOTO, *Progr. Theor. Phys.*, 3, 1948, p. 124; MATTHEWS, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1270.

([4]) RAYSKI, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1961.

([5]) MØLLER, *Det. Kgl. Danske Vid.*, 23, n° 1, 1945.

où $a = b = c = 1$ dans le cas de la diffusion proton-proton ou neutron-neutron et $a = 1$, $b = 4$, $c = -2$ dans le cas de la diffusion neutron-proton. ε et K sont respectivement l'énergie et le moment réduits des nucléons et θ l'angle de diffusion. On a, pour la section efficace totale,

$$(4) \qquad Q = \frac{1}{32\pi}\left(\frac{f_3^2}{\hbar c}\right)^2 \frac{1}{\varepsilon^2}\left\{(a+b)\left[\frac{4(2K^2+\varkappa^2)}{4K^2+\varkappa^2} + \frac{\varkappa^2}{K^2} ln \frac{\varkappa^2}{4K^2+\varkappa^2}\right] + c\left[2 + \frac{\varkappa^2(4K^2+\varkappa^2)}{2K^2(2K^2+\varkappa^2)} ln \frac{\varkappa^2}{4K^2+\varkappa^2}\right]\right\}.$$

Les distributions angulaires sont très sensibles au caractère de charge de la théorie. On trouve sans difficulté que les sections efficaces se déduisent des expressions (3) et (4) à l'aide du tableau suivant

	Collision $n - n$ ou $p - p$.			Collision $n - p$.		
Théorie chargée....	$a = 0$,	$b = 0$,	$c = 0$,	$a = 0$,	$b = 4$,	$c = 0$.
Théorie neutre....	$a = 1$,	$b = 1$,	$c = 1$,	$a = 1$,	$b = 0$.	$c = 0$.

Il peut être intéressant de calculer le potentiel d'interaction entre deux nucléons. On obtient son élément de matrice dans l'espace des moments, à l'approximation de Born, en utilisant l'hamiltonien du second ordre résultant de la théorie de Schwinger. Dans le système du centre de gravité cet élément de matrice se réduit à l'expression donnée par Van Hove ([6]). Dans le calcul de la matrice S, on rencontre des termes correspondant au terme virtuel du second ordre de Van Hove qui ne contribuent donc pas à la section efficace. Pour cette raison, cette dernière dépend uniquement de la constante f_3.

PYROTECHNIE. — *Relation entre le potentiel et la vitesse de combustion des poudres colloïdales.* Note (*) de MM. **Henri Muraour** et **Gabriel Aunis**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

Nous avons antérieurement montré ([1]) que la vitesse de combustion d'une poudre colloïdale (diminution d'épaisseur des tubes, brins cylindriques ou lames, en millimètres par seconde, sous une pression constante de 1000 kg/cm²), peut se calculer facilement par la formule $\log V = 1{,}37 + 0{,}27\,(T/1000)$. On pouvait se demander si une relation analogue existe entre la vitesse de combustion et le potentiel Q d'une poudre, Q étant le nombre de grandes calories dégagées, à volume constant, par la décomposition d'un kilogramme d'explosif, l'eau étant supposée vaporisée et la composition gazeuse étant calculée d'après l'équilibre thermodynamique à la température d'explosion, la dissociation

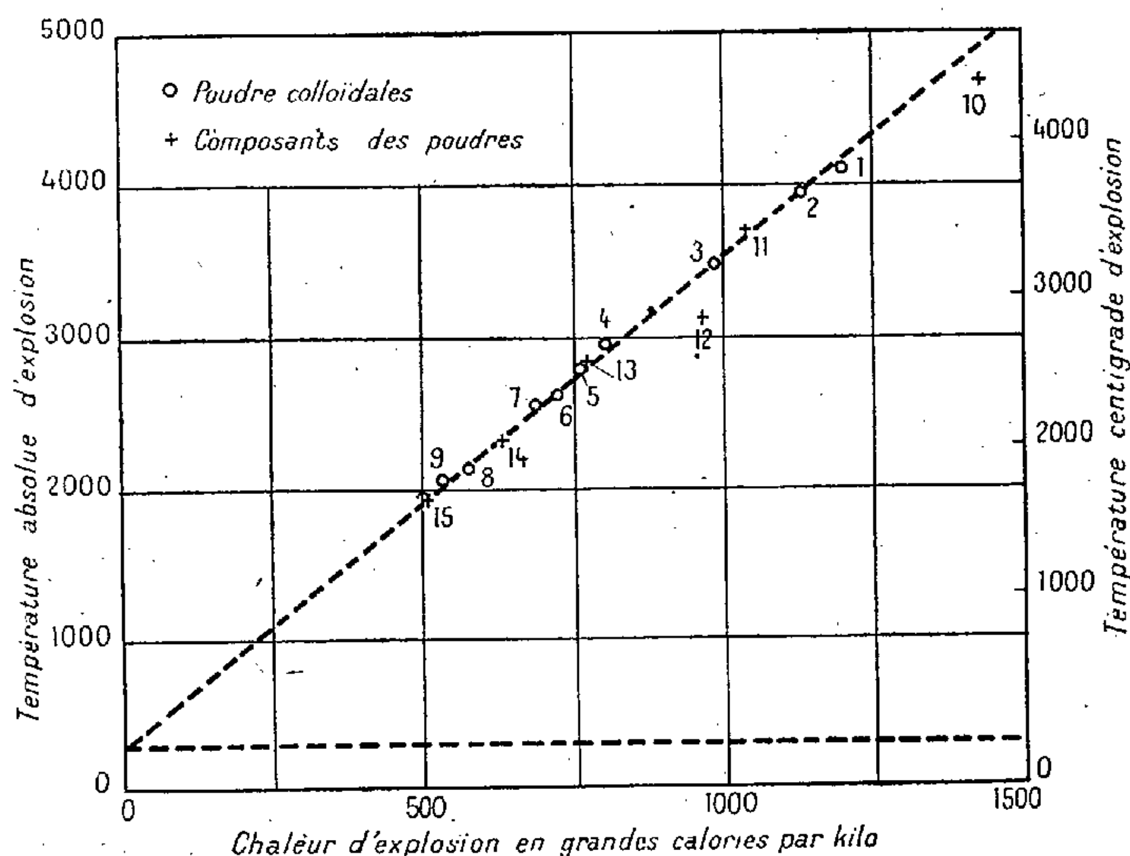
---

([6]) Van Hove, *Phys. Rev.*, **75**, 1949, p. 1519.

(*) Séance du 27 juin 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 289; *Chimie et Industrie*, **50**, 1943; p. 105 et 168; *Mémorial de l'Artillerie française*, **20**, 1946, p. 637.

étant négligée. Nous avons effectué ces calculs de T et de Q pour une série de poudres de compositions très différentes et pour divers composants de ces poudres. Nous avons porté sur le graphique annexé à cette Note, en abscisses les valeurs de Q et en ordonnées les valeurs de T correspondantes. Ce graphique montre *qu'il existe une relation linéaire entre ces deux caractéristiques pour toutes les poudres dont la température d'explosion est comprise entre* 2000 *et* 4000°K. A partir de Q, le logarithme de V se calcule par la formule $\log V = 1,47 + 0,846\,(Q/1000)$. Le tableau annexé permet de comparer, pour différentes poudres, les valeurs de V calculées, soit à partir de T, soit à partir de Q; l'accord est satisfaisant. Inversement Q peut se calculer à partir de la vitesse de combustion par la formule $Q = 1\,182 \log V - 1\,737$.



Il est important de remarquer que Q représente ici le potentiel calculé et non le potentiel expérimental déterminé en faisant brûler la poudre en atmosphère inerte dans une bombe calorimétrique. Dans ce dernier cas la condensation de la vapeur d'eau et les réactions qui se produisent pendant la période de refroidissement, formation de méthane par exemple, augmentent la valeur de Q.

Nous avons fait figurer sur le tableau le quotient du potentiel Q par la température centigrade d'explosion. *On remarquera que ce quotient est, à peu de choses près, constant et qu'il est égal en moyenne à* 306. *On voit que la capacité calorifique moyenne des gaz émis par* 1^{kg} *de poudre, entre* 0°C *et la température d'explosion, est constante quelle que soit la composition de la poudre.*

On doit noter :

1° Que les chaleurs spécifiques moyennes par kilogramme (et non par molécule) sont approximativement les mêmes pour CO_2, CO et N_2; elles sont plus fortes pour H_2O et encore plus fortes pour H_2 = (chaleur spécifique

moyenne par kilogramme entre 0 et 4 000° C : CO_2 : 268; CO : 229; N_2 : 227; H_2O : 538; H_2 : 2 970).

2° Que le volume spécifique des gaz et par suite le nombre total de molécules par kilogramme est plus faible pour les poudres chaudes.

Il se produit ainsi une compensation.

	Numéro du graphique.	Substance.	Q. Chaleur d'explosion (kcal/kg).	T. Température absolue d'explosion (°K).	C (*).	V. Vitesse de combustion calculée (mm/sec) d'après T.	d'après Q
Poudres colloïdales	1	Balistite 50/50	1 201	4 123	312	303	306
	2	» 58/42	1 137	3 932	311	270	270
	3	Poudre sans dissolvant (SD)	988	3 479	308	204	202
	4	» B	802	2 955	299	147	141
	5	» SD italienne	762	2 790	303	133	130
	6	» SD à la nitroguanidine	728	2 628	309	120	122
	7	» SD	692	2 568	302	116	113
	8	» SD	577	2 144	309	89	91
	9	» SD	534	2 065	298	85	83
Composants	10	Tétranitropentaérythrite	1 416	4 694	320	–	–
	11	Nitrocellulose à 14 % d'azote	1 037	3 709	302	–	–
	12	Dinitrate de diéthylèneglycol	955	3 154	333	–	–
	13	Nitrocellulose à 12 % d'azote	766	2 821	301	–	–
	14	Nitroguanidine	637	2 342	308	–	–
	15	Nitrocellulose à 10 % d'azote	507	1 982	297	–	–

(*) Capacité calorifique moyenne des gaz entre 273°K et T°K (kcal/degrés × kg).

Composition des poudres colloïdales. — **1.** NC à 12 : 50; NG : 50. — **2.** NC à 12 : 58; NG : 42. — **3.** NC à 12 : 47; NG : 47; Ce : 6. — **4.** NC mélangée à 12,66 : 98,5; diphénylamine : 1,5. — **5.** NC à 12,6 : 62; NG : 28; Ce : 10. — **6.** Poudre à base de dinitrate de diéthylèneglycol contenant 25 % de nitroguanidine et 3 % de Ce. — **7.** NC à 11,7 : 66; NG : 25; Ce : 9. — **8.** Poudre à base de dinitrate de diéthylèneglycol contenant 7 % de Ce et 2 % de vaseline. — **9.** NC à 11,7 : 60; NG : 25; Ce : 15.

Abréviations : NC à 12 = nitrocellulose à 12 % d'azote. — NG = nitroglycérine. — Ce = centralite (diéthyldiphénylurée symétrique).

MAGNÉTISME. — *Sur la variation du moment et du point de Curie du palladium hydrogéné.* Note (*) de M. **Jules Wucher**, présentée par M. Aimé Cotton.

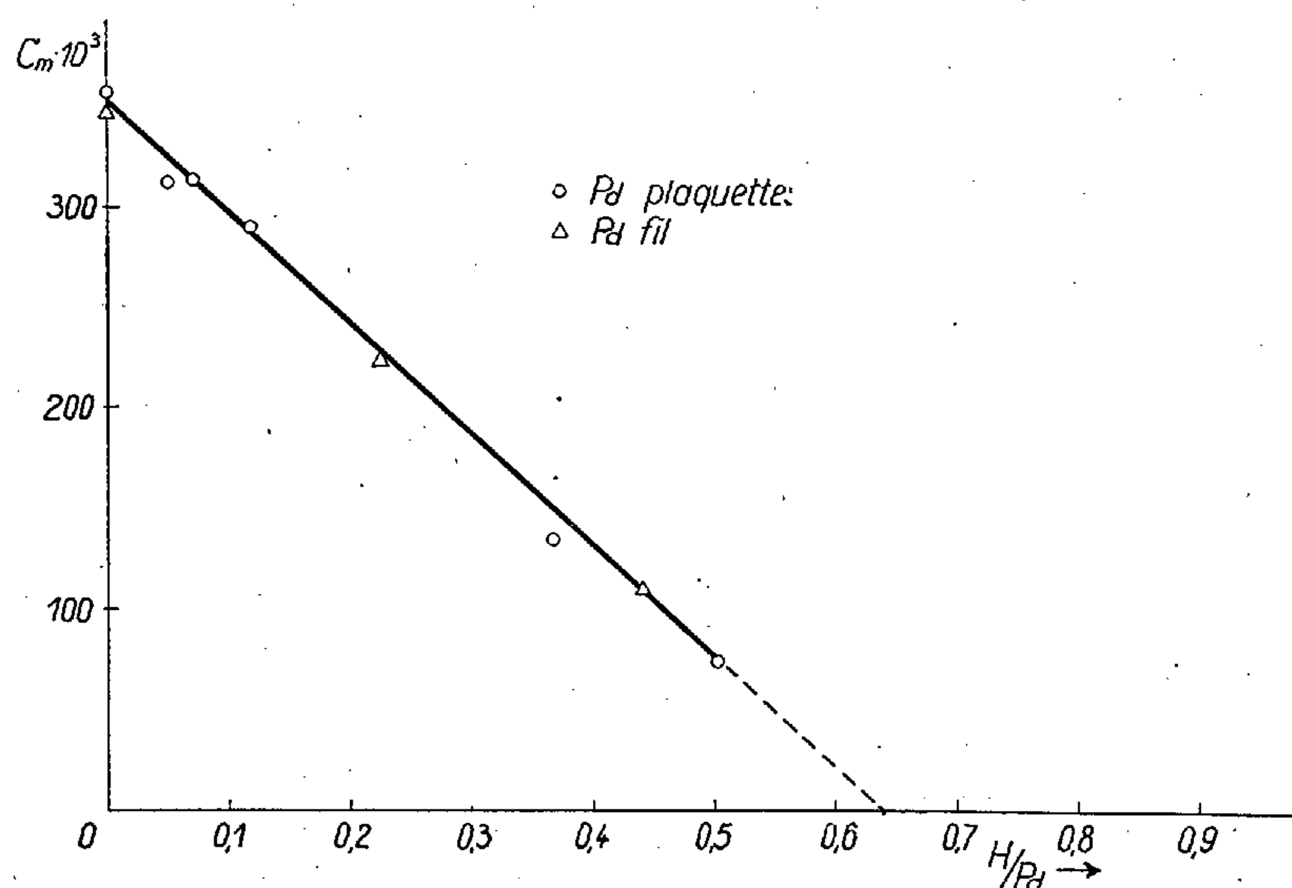
Dans le système Pd-H la susceptibilité à température ambiante portée en fonction du nombre d'atomes d'hydrogène par atome de palladium donne une droite qui coupe l'axe des abscisses à 0,65 H/Pd ([1]).

(*) Séance du 11 juillet 1949.

([1]) B. Svensson, *Ann. Physik.*, **18**, 1933, p. 299.

La connaissance de la susceptibilité à une seule température n'étant pas suffisante pour caractériser l'état magnétique d'une substance, il a paru intéressant de connaître la variation de la constante de Curie et du point de Curie en fonction de H/Pd.

Les mesures ont été effectuées sur du palladium très pur Heraeus en forme de plaquettes de 1/10 de millimètre d'épaisseur et sur du palladium physiquement pur Marret-Bonnin en forme de fil de $0^{mm},5$ de diamètre.



Constantes de Curie en fonction de H/P*d*.

Le palladium est chargé électrolytiquement dans un bain d'acide sulfurique avec une anode en platine sous une densité d'environ 20 mA/cm². Les échantillons chargés en hydrogène sont lavés à l'eau, puis à l'alcool et à l'éther avant d'être pesés. La microbalance utilisée a une sensibilité de $0^{mg},002$. L'erreur commise dans le calcul de la concentration H/Pd est toujours inférieure à un demi-pour cent.

Pour les mesures thermomagnétiques l'intervalle de température est limité vers les températures croissantes par la désorption de l'hydrogène due à l'échauffement, et vers les basses températures par l'anomalie cryomagnétique du palladium.

Dans le tableau ci-après sont rassemblés les résultats des mesures. μ_w désigne le moment en magnétons de Weiss.

Les constantes de Curie se placent assez bien sur une droite dont le prolongement coupe l'axe des abscisses à 0,64 H/Pd (*fig.* 1), sauf pour les alliages $PdH_{0,59}$ et $PdH_{0,60}$ dont les points de Curie deviennent fortement négatifs. Si l'on porte en abscisses les concentrations atomiques à la place du rapport H/Pd, la variation de C_m n'est plus linéaire. En admettant que chaque

atome d'hydrogène introduit perd un électron et que la concentration des électrons libres ne change pas, on est amené à penser que la couche $4d$ du palladium pur possède 0,64 trou.

	H/Pd.	μ_w.	C_m.	$-\theta$.	Intervalle de température de la droite.
Pd_{pl}	0	8,38	0,3567	282	13 à 200
	0,118	7,55	$0,289_5$	256	14 à 100
	0,366	5,17	$0,134_2$	150	14 à 80
	0,502	3,82	$0,074_1$	118	14 à 100
	0,59	4,17	$0,088_3$	481	15 à 75
	0,05	7,85	$0,313_0$	250	−60 à 20
	0,07	7,86	$0,313_8$	276	−70 à 20
Pd_{fil}	0	8,26	0,3465	262	−50 à 10
	0,225	6,63	$0,223_2$	238	−40 à 20
	$0,44_0$	4,65	$0,109_8$	145	−30 à 25
	0,60	4,28	0,0930	385	−40 à 20

Les θ sont proportionnels aux moments et non aux constantes de Curie, ce qui est souvent le cas en paramagnétisme.

MAGNÉTISME. — *Magnétostriction longitudinale des ferrites de nickel et de magnésium.* Note (*) de M. **Roger Vautier**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai entrepris au laboratoire de M. Guillaud, à Bellevue, dans le cadre d'une étude complète et systématique des propriétés des ferrites, la mesure de la magnétostriction longitudinale de ces matériaux. La connaissance de la magnétostriction longitudinale d'un corps ferromagnétique est très importante à cause de la relation entre la susceptibilité initiale et la magnétostriction.

Une étude de cette propriété a déjà été faite par les laboratoires Philips. Nous avons eu l'intention de la reprendre en la faisant porter sur des échantillons dont la composition varie dans des limites très étendues sans nous restreindre à ceux dont la magnétostriction est voisine de zéro.

Pour déterminer la très faible variation de longueur d'un tel corps ferromagnétique due à l'aimantation, j'ai réalisé un dispositif de mesure simple et sûr. Il est destiné à l'étude d'échantillons ayant la forme d'un ellipsoïde de révolution de diamètre 5^{mm}, de longueur comprise entre 10 et 14^{mm}. Ces ellipsoïdes sont taillés dans des tores sur lesquels on a fait précédemment toutes les mesures en courant continu et alternatif en basse et haute fréquence.

Les méthodes de mesure de faibles variations de longueur sont nombreuses : amplification mécanique, amplification optique, interférences lumineuses,

(*) Séance du 11 juillet 1949.

variation de capacité ou variation d'inductance mesurées par battements entre deux oscillateurs ou par une méthode de pont. J'ai choisi la méthode du levier optique parce qu'elle est la plus simple, qu'elle permet les mesures les plus

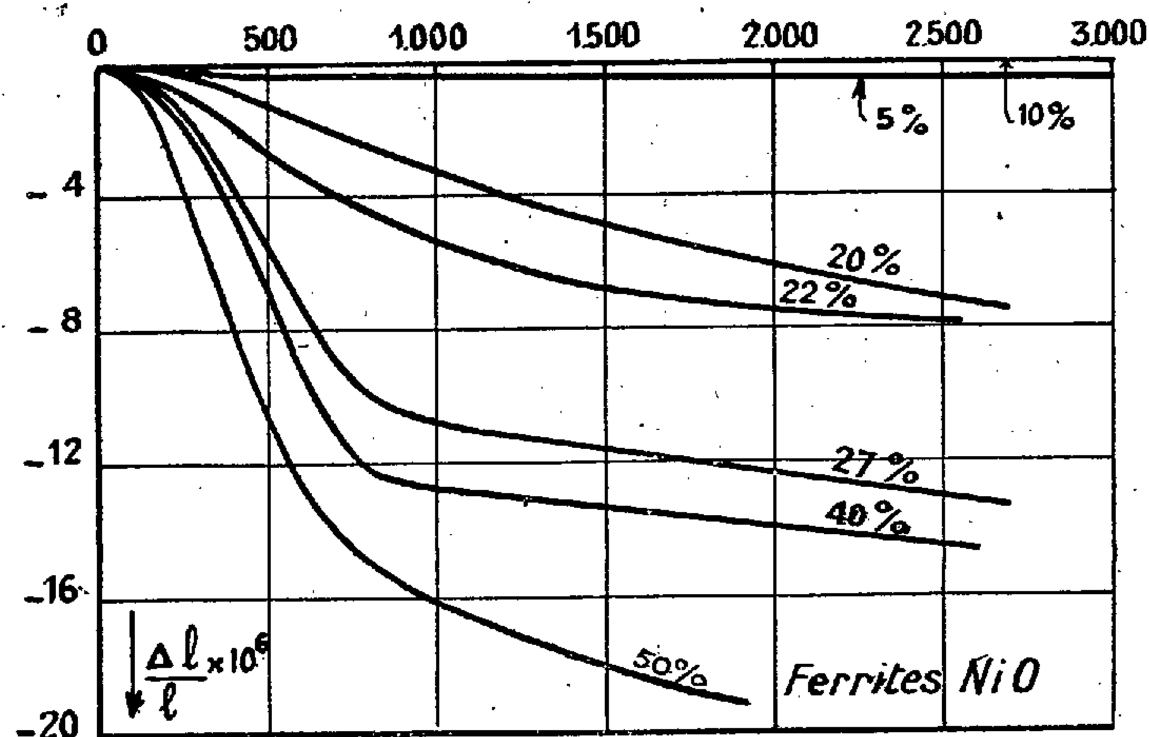


Fig. 1.

rapides, qu'elle est susceptible de la plus grande sensibilité, et qu'elle introduit le minimum de risques d'erreur.

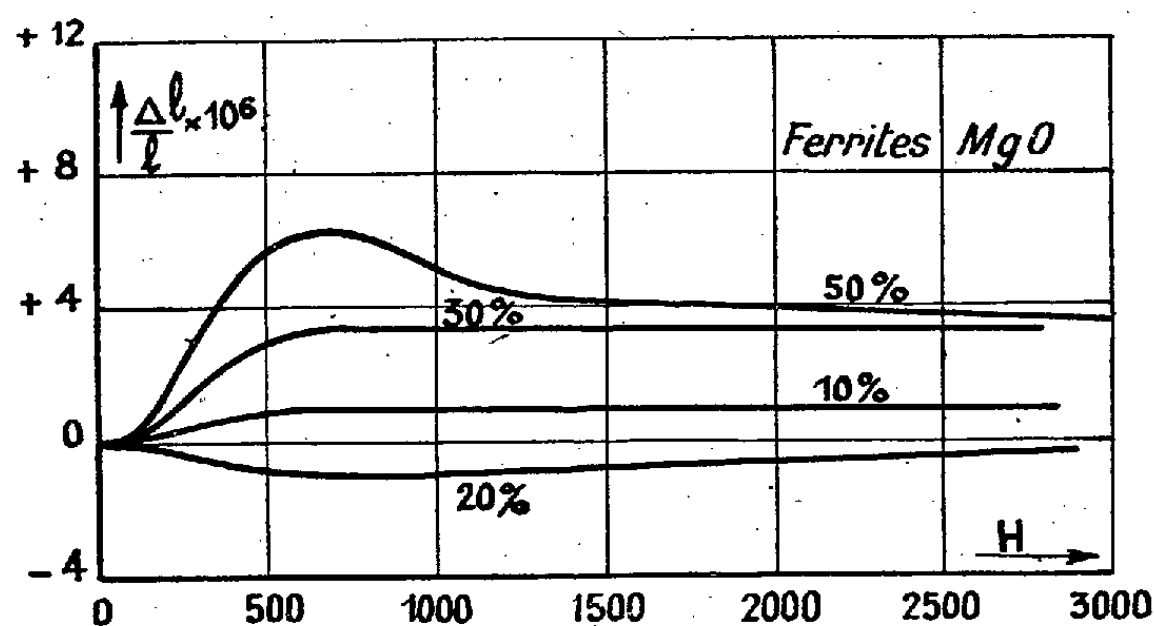


Fig. 2.

Dans la réalisation actuelle, l'échantillon est placé dans un tube, lui-même à l'intérieur d'un thermostat au centième de degré spécialement construit pour la mesure de la magnétostriction en volume. Les variations de longueur de l'échantillon sont transmises à une tige. Un cylindre de diamètre $0^{mm},6$, portant un petit miroir plan, est pincé entre une partie plane de cette tige et un plan fixe. Un objectif de microscope forme d'un micromètre objectif une image réelle, le miroir plan étant interposé sur le trajet des rayons sortant de l'objectif. La distance du miroir plan à l'image réelle est 42^{cm}. Cette image réelle est observée à l'aide d'un comparateur sur la graduation duquel une division corres-

pond à 1/100 de millimètre. On peut facilement apprécier le 1/5 de division, ce qui correspond à une variation absolue de longueur de 14 Å. Dans quelques cas favorables, la qualité de l'image et les propriétés des échantillons sont telles que les résultats sont reproductibles à 1/10 de division près. Le dispositif de mesure est construit entièrement en duralumin. La bobine d'aimantation permet d'atteindre un champ de 3000 Oe. L'ensemble est peu encombrant.

L'essentiel des résultats obtenus est représenté sur les figures 1 et 2. Les ferrites étudiés contiennent toujours 50 % en proportion moléculaire de Fe_2O_3. Le pourcentage indiqué sur les courbes représente, sur la figure 1, la proportion en NiO, sur la figure 2, la proportion en MgO. Le reste du mélange est constitué dans les deux cas par ZnO.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Diffraction des ondes électromagnétiques par un écran plan parfaitement conducteur.* Note de M. **Jean-Pierre Vasseur**, présentée par M. Albert Pérard.

Ce problème a été étudié à l'aide d'équations intégrales par Copson (1) qui, comme l'a fait remarquer Bouwkamp (2), a omis une intégrale curviligne dans ses équations. Bien que ce terme soit nul dans les exemples qu'il considérait, il peut être important dans d'autres cas.

Nous donnons ici la solution correcte. La mise en équation du problème est analogue à celle de Bethe (3). Soient oxy dans le plan de l'écran, S l'ouverture, C son contour et $\bar{n}$ le vecteur 0, 0, 1.

Soit $\bar{E}_0$, $\bar{H}_0$ le champ incident dans $z<0$ en l'absence d'ouverture. Quand on perce l'ouverture, les champs deviennent

(1) dans $z<0 : \bar{E}=\bar{E}_0+\bar{E}_1, \quad \bar{H}=\bar{H}_0+\bar{H}_1;$

(2) dans $z>0 : \bar{E}=\bar{E}_2, \quad \bar{H}=\bar{H}_2.$

Les conditions aux limites sont pour $z=0$

(3) $E_{1t}=E_{2t}$ dans l'ouverture;

(4) $H_{0t}+H_{1t}=H_{2t}$ dans l'ouverture;

(5) $E_{1t}=E_{2t}=0$ en dehors de l'ouverture.

Toutes ces conditions sont satisfaites si E_2 satisfait (5) et si

(7) $$E_{1x}(x, y, -z)=E_{2x}(x, y, z),$$

(8) $$H_{1x}(x, y, -z)=-H_{2x}(x, y, z)$$

(1) E. T. Copson, *Proc. Royal Soc., London*, Série A, **186**, 1946, p. 100-118.

(2) C. J. Bouwkamp, *Math. Rev.*, **8**, 1947, p. 179.

(3) H. A. Bethe, *Phys. Rev.*, **66**, 1944, p. 163-182.

et de même pour les composantes sur oy, d'où

(9) $$E_{1z}(x, y, -z) = -E_{2z}(x, y, z),$$

(10) $$H_{1z}(x, y, -z) = H_{2z}(x, y, z).$$

En reportant (8) dans (4), on obtient

(11) $$H_{2t} = \frac{1}{2} H_{0t},$$

d'où

(12) $$E_{2z} = \frac{1}{2} E_{0z}.$$

En conformité avec les idées de Huygens nous créerons le champ $\overline{E}_2$, $\overline{H}_2$ par des sources réparties sur l'ouverture. Pour satisfaire à la condition (5) nous prendrons seulement des courants magnétiques dans le plan du trou. Nous déterminerons ces courants pour satisfaire à la condition (11). Le champ $\overline{E}_2$, $\overline{H}_2$ sera le champ de ces courants dans $z > 0$. Dans $z < 0$ nous calculerons le champ par (7), (8), (9), (10) puis (1). Toutes les conditions seront ainsi remplies.

Soit $\overline{j}$ la densité superficielle des courants répartis sur l'ouverture.

Le potentiel vecteur correspondant est

$$\overline{A} = \frac{1}{c} \iint_S \overline{j} \varphi \, d\sigma, \qquad \text{où} \quad \varphi = \frac{e^{-ikr}}{r}, \qquad k = \frac{2\pi}{\lambda}.$$

On en déduit le champ par

$$\overline{E}_2 = -\operatorname{rot} \overline{A}, \qquad \overline{H}_2 = -ik\overline{A} + \frac{1}{ik} \overline{\operatorname{grad}} \operatorname{div} \overline{A}.$$

En y reportant la valeur de $\overline{A}$ on obtient après quelques transformations algébriques

(13) $$\overline{E}_2 = -\frac{1}{c} \iint_S \overline{j} \wedge \overline{\operatorname{grad}} \varphi \, d\sigma,$$

(14) $$\overline{H}_2 = -\frac{ik}{c} \iint_S \overline{j} \varphi \, d\sigma - \frac{1}{ikc} \iint_S \operatorname{div} \overline{j} . \overline{\operatorname{grad}} \varphi \, d\sigma + \frac{1}{ikc} \oint_c \overline{\operatorname{grad}} \varphi (\overline{n} \wedge \overline{j} . \overline{ds}).$$

Dans (14) la deuxième intégrale correspond au champ des charges superficielles de densité $\delta = -\operatorname{div} \overline{j}/ikc$ et la troisième au champ des charges linéaires réparties sur le contour et de densité $(1/ikc)\, \overline{n} \wedge \overline{j} . (\overline{ds}/|ds|)$. Ces deux systèmes de charges sont nécessaires pour vérifier l'équation de conservation.

Pour calculer le champ sur S nous n'avons plus le droit comme dans (13) et (14) de permuter dérivation et intégration ; d'autre part nous répartirons la charge de contour sur une surface S′ qui est un cylindre de base C, de génératrices parallèles à $\overline{n}$ et de petite hauteur ε (ε sera par exemple l'épaisseur

de l'écran). Le champ créé par les sources sera ainsi fini en tout point de l'ouverture.

Nous déterminerons $\bar{j}$ pour que le champ sur S satisfasse (11) :

$$(15)\qquad \frac{1}{2}H_{ox(M)} = -\frac{ik}{c}\iint_S j_{x(P)}\varphi_{(MP)}\,d\sigma_{(P)} - \frac{1}{ikc}\frac{\partial}{\partial x}\iint_S \varphi_{(MP)}\,\mathrm{div}\,\bar{j}_{(P)}\,d\sigma_{(P)} + \frac{1}{ikc}\frac{\partial}{\partial x}\iint_{S'}\frac{1}{\varepsilon}\varphi_{(MP')}(\bar{n}\wedge\bar{j}_{(P')}.\bar{t}_{(P')})\,d\sigma_{(P')},$$

$$(16)\qquad \frac{1}{2}H_{oy(M)} = -\frac{ik}{c}\iint_S j_{y(P)}\varphi_{(MP)}\,d\sigma_{(P)} - \frac{1}{ikc}\frac{\partial}{\partial y}\iint_S \varphi_{(MP)}\,\mathrm{div}\,\bar{j}_{(P)}\,d\sigma_{(P)} + \frac{1}{ikc}\frac{\partial}{\partial y}\iint_{S'}\frac{1}{\varepsilon}\varphi_{(MP')}(\bar{n}\wedge\bar{j}_{(P')}.\bar{t}_{(P')})\,d\sigma_{(P')}.$$

On peut aussi utiliser l'équation (17) qui est une conséquence de (15) et (16)

$$(17)\qquad \frac{1}{2}E_{oz(M)} = \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial x}\iint_S \varphi_{(MP)}j_{y(P)}\,d\sigma_{(P)} - \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial y}\iint_S \varphi_{(MP)}j_{x(P)}\,d\sigma_{(P)}.$$

Dans ces équations M et P sont deux points de S, P′ un point de S′ sur C, les dérivées sont prises par rapport à P ou P′ en considérant $\bar{j}$ comme constant. $\bar{t}$ est un vecteur unité tangent à C qui oriente C dans le sens positif autour de $\bar{n}$. Si l'on sait résoudre ces équations, on peut calculer complètement le champ diffracté et le champ réfléchi.

Le résultat du calcul dépend un peu de ε, mais c'est peut-être là un moyen de faire intervenir l'épaisseur finie de l'écran.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Propriétés focalisatrices et pouvoir séparateur d'un champ magnétique limité par des plans parallèles.* Note de M. **René Vauthier**, présentée par M. Jean Cabannes.

La recherche de la position de l'image d'un point-source, au moyen de la méthode géométrique de L. Cartan [1], montre que cette forme de champ ne permet jamais d'avoir à la fois un objet et une image réels.

Nous avons calculé géométriquement la distance BB′ (comptée parallèlement aux frontières du champ) entre la trajectoire principale [définie par ε', ε'' et ρ (*Cf. fig.* 1)] et une trajectoire quelconque définie par la distance AA′ = s, l'angle α et $r = \rho(1+\beta)$ avec $\beta = d\rho/\rho$.

Dans ces conditions, BB′, ou plutôt BB′/ρ est de la forme

$$\frac{BB'}{\rho} = A\alpha + B\frac{s}{\rho} + D\beta + C\alpha^2,$$

où β est d'ailleurs lié à la variation relative de masse ($\gamma = dM/M$) et d'énergie ($\delta = dV/V$) par la relation $\beta = (\gamma+\delta)/2$.

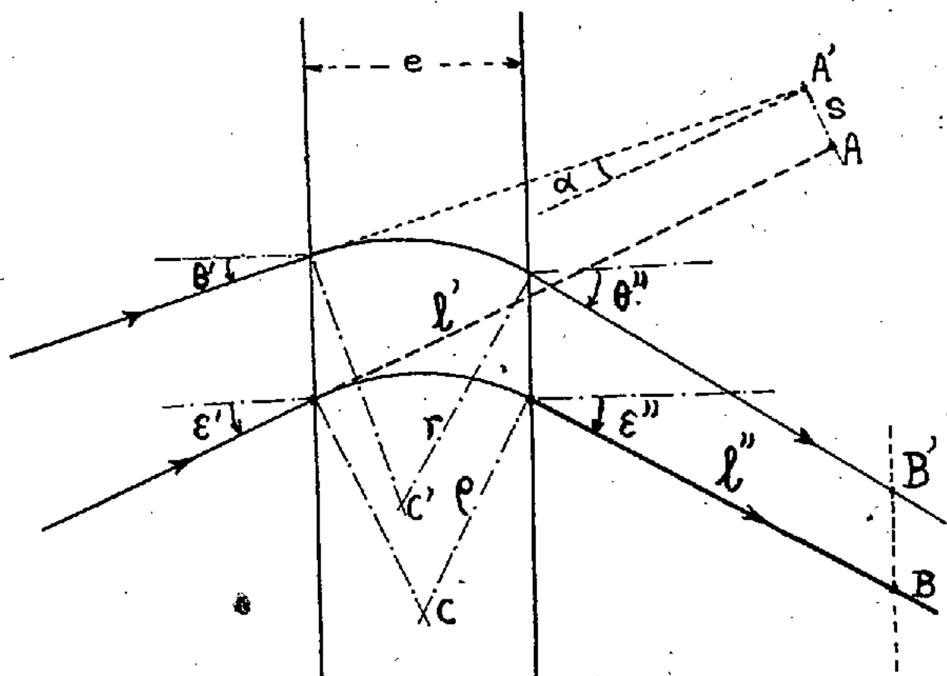
---

(1) L. Cartan, *Journal de Physique*, 8, 1937, p. 455.

1. *Condition de focalisation des angles.* — Elle est obtenue par annulation du terme en α, ce qui donne la relation

$$\frac{l'}{\rho}\frac{1}{\cos^2\varepsilon'} - \operatorname{tg}\varepsilon' - \operatorname{tg}\varepsilon'' - \frac{l''}{\rho}\frac{1}{\cos^2\varepsilon''} = 0, \tag{1}$$

où l' et l'' sont respectivement les distances objet et image comptées à partir des points d'incidence et d'émergence. Ce résultat peut d'ailleurs être retrouvé à partir des formules générales données par M. Cotte ([2]).



2. *Pouvoir séparateur.* — En tenant compte de la relation (1) et de $\beta = \gamma/2$ (dans le cas de la spectrographie de masse), il est défini par le rapport du terme de dispersion au terme d'image prépondérant, c'est-à-dire, soit par le rapport $P_1 = [(D\gamma/2)/B](\rho/S)$, soit par $P_2 = (D/C)[(\gamma/2)/\alpha^2]$. Les expressions de A, C et D sont relativement compliquées, mais celle de B et très simple

$$B = \frac{1}{\cos\varepsilon'}.$$

Deux cas simples ont été étudiés en vue des applications pratiques.

a. $\varepsilon'' = \varepsilon'$. — On trouve alors que

$$D = \frac{2}{\cos\varepsilon'}\left(\frac{l'}{\rho}\operatorname{tg}\varepsilon' - \sin^2\varepsilon'\right), \qquad C = \frac{3}{\cos\varepsilon'}\left(\frac{l'}{\rho}\operatorname{tg}\varepsilon' - \sin^2\varepsilon'\right).$$

Les expressions du pouvoir séparateur sont donc respectivement :

$$P_1 = \frac{\rho}{S}\left(\frac{l'}{\rho}\operatorname{tg}\varepsilon' - \sin^2\varepsilon'\right)\gamma \qquad \text{et} \qquad P_2 = \frac{1}{3}\frac{\gamma}{\alpha^2},$$

indépendant de ε'.

Ce dernier résultat est analogue à celui obtenu pour le secteur magnétique,

---

([2]) M. Cotte, *Thèse Doctorat,* 1938.

dans le cas de l'incidence et de l'émergence normales (pour lequel $P_2 = \gamma/\alpha^2$), mais est un peu moins avantageux.

Par contre, l'expression de P_1 peut prendre des valeurs élevées. Il suffit pour cela d'augmenter l'/ρ par exemple, jusqu'à ce que le terme d'ouverture de faisceau devienne prépondérant.

b. $\varepsilon'' + \varepsilon' = 90°$. — Les deux pouvoirs séparateurs ont une expression moins simple. P_2 dépend maintenant de ε' : pour de grandes valeurs du rapport $m' = l'/\rho$, il part de la valeur zéro pour $\varepsilon' = 0$, passe par un maximum voisin de $0,44(\gamma/\alpha^2)$, puis décroît jusqu'à la valeur $(1/3)(\gamma/\alpha^2)$ pour $\varepsilon' = 90°$.

3. *Conséquences.* — *a.* Une telle forme de champ magnétique peut fort bien être utilisée dans les spectromètres de masse, le pouvoir séparateur étant à peu près équivalent à celui d'un secteur magnétique (à incidence et émergence normales).

b. On dispose d'un paramètre supplémentaire, $m' = l'/\rho$, ce qui donne plus de souplesse dans le choix des caractéristiques d'un appareil.

c. Il convient de remarquer que, pour créer un objet virtuel il sera nécessaire d'intercaler une lentille entre la source d'ions et la lame.

L'avantage de ce dispositif est qu'il permettra de réaliser la condition de focalisation par simple ajustage du potentiel appliqué à la lentille, et ce réglage sera fait une fois pour toutes. Par contre, il faut prévoir que les aberrations propres à la lentille contribueront à diminuer le pouvoir séparateur théorique de la lame magnétique.

d. Enfin, on vérifie facilement qu'il est possible de construire un tel spectromètre de masse, ayant un pouvoir séparateur relativement élevé, tout en n'employant pour cela qu'un électro-aimant de faible encombrement.

Nous nous proposons de construire sur ces bases un spectromètre de masse destiné aux mesures d'abondances.

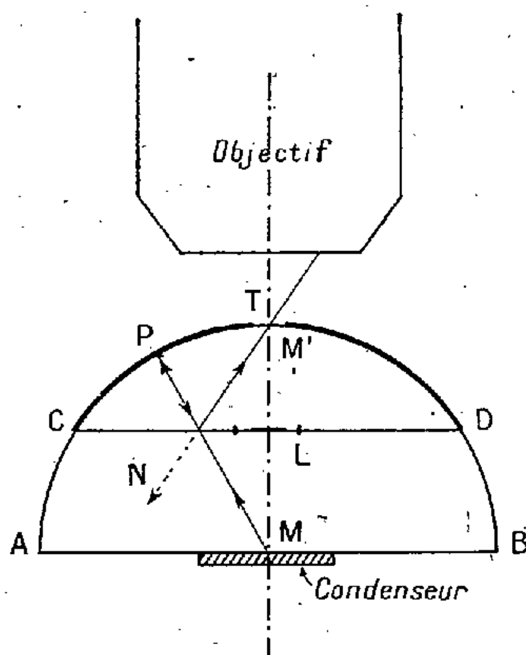
OPTIQUE. — *Nouveau dispositif à contraste de phase pour microscope.*
Note (*) de M. **Maurice Françon** présentée par M. Bernard Lyot.

L'appareil que nous proposons a pour but de donner par lui-même une image en contraste de phase d'un objet transparent. L'image obtenue, de grandeur égale à l'objet, est stigmatique et aplanétique. L'appareil peut donc être associé à un système fortement grossissant tel qu'un microscope, sans craindre une diminution de la qualité des images. Placé entre le condenseur et l'objectif, il donnera directement une image de la préparation en contraste de phase.

Principe. — L'appareil est formé par une demi-boule AB coupée en deux suivant le parallèle CD situé à la moitié du rayon. La face CD appartenant à

(*) Séance du 27 juin 1949.

la moitié supérieure est recouverte d'oxyde de titane et porte en son centre la lame de phase L. On recolle les deux parties de la demi-boule, puis on argente la face courbe CTD sauf sur un petit cercle T centré sur l'axe du système. On porte le système sur la platine du microscope, la préparation étant placée en M contre la face AB. Le condenseur, non représenté sur la figure est situé sous



la préparation et forme l'image de la source lumineuse sur la lame de phase L. Le trajet des rayons est le suivant :

1. *Lumière diffractée.* — Soit MP un rayon diffracté par la préparation. La moitié se réfléchit en N vers le bas et peut être considérée comme perdue. L'autre moitié traverse la couche d'oxyde de titane, se réfléchit en P sur l'argenture puis à nouveau sur la couche d'oxyde de titane et aboutit enfin en M′ où se forme l'image de la préparation en lumière diffractée. La couche d'oxyde de titane, obtenue par vaporisation dans le vide, doit avoir une épaisseur telle que le quart de la lumière soit utilisé à former l'image. C'est largement suffisant en microscopie où l'on dispose toujours de sources intenses.

2. *Lumière directe, fond cohérent.* — Le trajet suivi par la lumière directe est identique. La lame de phase est recouverte au centre par un petit écran opaque circulaire, de même diamètre que le trou T de façon que les rayons directs ne puissent sortir par T sans avoir suivi un trajet identique à celui de la lumière diffractée.

Ouverture numérique. — L'ouverture maximum est obtenue lorsque N vient en C ou en D. On a alors

$$n \sin u \simeq 1{,}35.$$

Aberrations. — L'image M′ étant symétrique de M par rapport au plan CD et M étant le centre de la sphère CTD, l'image de la préparation est stigmatique et aplanétique. Si l'on s'écarte du centre, il apparaît un peu d'astigmatisme. Dans tous les cas il est possible de calculer le rayon R de la sphère CTD pour que l'astigmatisme ne soit pas gênant. Par exemple, pour un objectif à immersion $\times$ 100 et d'ouverture numérique $n \sin u = 1{,}25$, on doit avoir $R = 27^{mm}$.

Avantages obtenus. — L'avantage principal de ce dispositif est qu'il peut être utilisé avec de bons objectifs sans qu'on soit obligé de les démonter pour placer la lame de phase. Il permet l'emploi de lames de phase très absorbantes sans qu'on soit gêné par la lumière parasite. La lumière directe ne pénètre en effet dans le microscope qu'après avoir traversé la lame de phase; pour cette raison enfin il est possible de l'utiliser pour l'observation en fond noir central.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'émission de l'hydrogène comprimé.* Note (*) de MM. **Charles Weniger** et **Louis Herman**, présentée par M. Aimé Cotton.

Pour accroître la température apparente d'émission d'une lampe à décharge, on a souvent préconisé, ces dernières années, l'emploi de gaz comprimés et, en particulier, de gaz rares sous pression. L'origine de ces émissions n'est pas encore entièrement élucidée. Deux processus sont habituellement tenus pour responsables de l'augmentation de l'intensité relative du fond continu : ce sont la recombinaison et le freinage des électrons rapides dans le champ électrostatique des ions. Mais ces mécanismes ne suffisent pas à expliquer l'augmentation, parfois considérable, du fond continu dans les gaz rares, alors que la pression n'excède pas quelques millimètres de mercure et la densité de courant une fraction de milliampère ([1]).

Dans le cas de la plupart des gaz l'existence de nombreuses séries de termes spectraux donne lieu à une superposition de plusieurs spectres continus de recombinaison et de freinage qu'il n'est pas aisé de distinguer. A cet égard, l'hydrogène constitue un cas relativement simple que nous avons étudié à nouveau. Cette étude a déjà été faite par M. Hanot et par W. Finkelnburg dans le cas de décharges condensées et jusqu'à 30 kg/cm² ([2]).

Dans le présent travail nous avons observé le spectre d'émission jusqu'à 160 kg/cm², en utilisant uniquement une décharge de haute tension non condensée afin d'éviter la superposition de l'effet de la pression à celui de la forte densité de courant. Des mesures photométriques ont été faites pour diverses pressions. Nous donnerons seulement les résultats qualitatifs obtenus jusqu'ici.

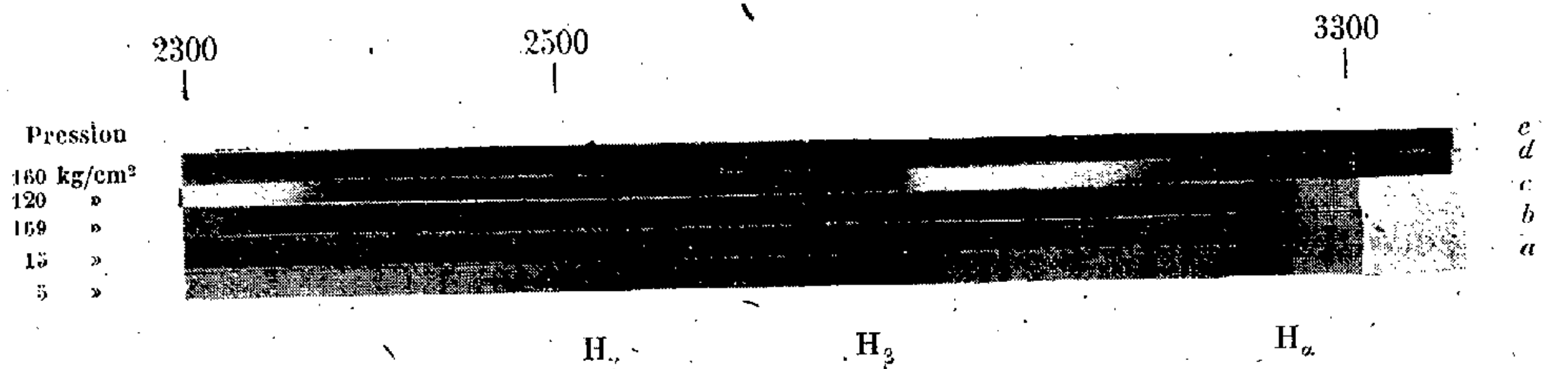
Les reproductions de la figure ci-après montrent l'évolution du spectre lorsque la pression augmente. Sous une pression de 5 kg/cm², en dehors de raies Balmer modérément élargies, on trouve (spectre *a*) de nombreuses raies très fines provenant des électrodes ainsi que des impuretés contenues dans le

(*) Séance du 11 juillet 1949.

([1]) L. Herman et Ch. Weniger, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2134.

([2]) M. Hanot, *Ann. Phys.*, 8, 1927, p. 555; W. Finkelnburg, *Zeits. f. Physik*, 70, 1931, p. 375.

gaz, telles que Cu, OH. Lorsque la pression augmente, les raies d'hydrogène s'élargissent et le fond continu avance progressivement vers les grandes longueurs d'onde en augmentant d'intensité. Sous la pression maximum de 160 kg/cm² employée, toutes les raies ont disparu, sauf la raie H_α qui a été remplacée par une large bande diffuse. A la place de ces raies on trouve une émission continue extrêmement intense et très étendue (spectre *c*). Dans l'ultraviolet on observe un fort spectre continu s'étendant au delà de



2100 Å et qui semble limité uniquement par la transparence de l'optique en quartz (spectre *e*). Ce résultat est en contradiction avec les observations de Finkelnburg qui trouve un arrêt du spectre entre 3300 et 3500 Å. Dans l'infrarouge photographique on trouve également une émission intense s'étendant entre la raie H_α et 9000 Å, limite de la sensibilité de la plaque (spectre *d*).

L'augmentation de la pression semble avoir le même effet que l'augmentation de la densité de courant. La décharge se trouve considérablement comprimée et la densité ionique est très élevée. C'est elle qui, par son effet Stark interionique, est à l'origine de l'élargissement des raies et de l'extension du spectre continu vers les grandes longueurs d'onde à partir de la discontinuité de Balmer ([3]). Cet effet efface totalement les séries de Ritz-Paschen, Brackett et Pfund, qui sont remplacées par un fond continu probablement très intense dans l'infrarouge. Le spectre continu relatif à la série de Lyman et qui commence habituellement au-dessous de 911 Å, doit s'étendre vers les grandes longueurs d'onde au delà de la raie 1216 Å. Cette émission pourrait probablement servir dans l'ultraviolet entre 1200 et 2000 Å pour les études d'absorption des gaz et des liquides. La réabsorption par les atomes non excités ne concerne qu'une faible fraction relative aux raies de Lyman qui sont beaucoup moins élargies que les raies d'émission.

([3]) Dans l'onde de choc on trouve également un spectre continu ayant une température apparente parfois très élevée. Dans une Note récente, Muraour (*Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1582) a relevé l'analogie entre les spectres continus observés dans les décharges dans les gaz comprimés et dans l'onde de choc. Dans cette dernière, la température élevée, de l'ordre de 2 à $3,5.10^4$ °K provoque une ionisation importante du gaz. Le nombre d'électrons par cm³ varie, suivant le gaz, de 5.10^{18} à 2.10^{20} et le champ interionique de $1,3.10^6$ à $1,6.10^7$ V/cm, du même ordre que celui observé dans nos expériences.

On peut obtenir une estimation grossière de la valeur du champ interionique en admettant qu'il est identique au champ extérieur pour lequel les raies disparaissent également (Rauch. v. Traubenberg). On obtient ainsi, en se servant de la relation $F = const. \times N^{2/3}$, un champ de l'ordre de 6.10^6 V/cm pour la pression de 160 kg/cm². Ce champ interionique considérable a pour effet d'abaisser notablement la tension d'ionisation de l'atome d'hydrogène pour lequel la deuxième orbite est déjà très mal définie dans nos expériences. La probabilité d'émission d'une raie est fortement réduite et remplacée par une probabilité élevée d'une émission continue.

Nos expériences montrent également que si les spectres continus sont plus intenses dans le cas des gaz rares à poids atomique élevé, il est néanmoins possible d'obtenir de tels spectres avec tous les gaz comprimés. Même sous faible intensité de courant, en utilisant la tension juste nécessaire pour amorcer la décharge, la densité de courant est très grande et l'émission continue a une répartition d'intensité se rapprochant de celle d'un corps noir à température très élevée. En même temps la durée de la décharge est très brève et l'emploi des gaz rares ne se justifie qu'en raison de certaines facilités de réalisations techniques.

EFFET RAMAN. — *Influence de la conjugaison sur l'intensité des raies Raman.* Note de Mlle **Monique Harrand**, présentée par M. Jean Cabannes.

Lorsque l'on compare les temps de pose nécessaires pour obtenir dans les mêmes conditions expérimentales de bons spectres Raman, on constate que ces durées varient beaucoup avec le corps étudié. Nous avons donc cherché à relier cette facilité d'obtention de certains spectres avec la structure chimique du corps. Dans une étude précédente (1) sur la chalcone et les acides cinnamiques nous avions constaté que les corps contenant plusieurs liaisons non saturées donnaient facilement des spectres intenses. Ceci nous a conduit à étudier deux groupes de corps aromatiques formés d'un noyau benzénique et d'une chaîne linéaire, celle-ci étant soit saturée, soit éthylénique, soit acétylénique.

Pour ce travail, nous avons utilisé un montage transversal classique permettant la mesure des facteurs de dépolarisation; chaque cliché était étalonné de façon à permettre en outre la mesure des intensités. Pour comparer les éclairements nous avons ramené les intensités des raies Raman à celle d'une raie Rayleigh d'intensité convenable. Nous avons ensuite comparé, par une série de poses courtes et d'égale durée faites sur la même plaque photographique, l'intensité de la lumière diffusée sans changement de fréquence par les diverses substances.

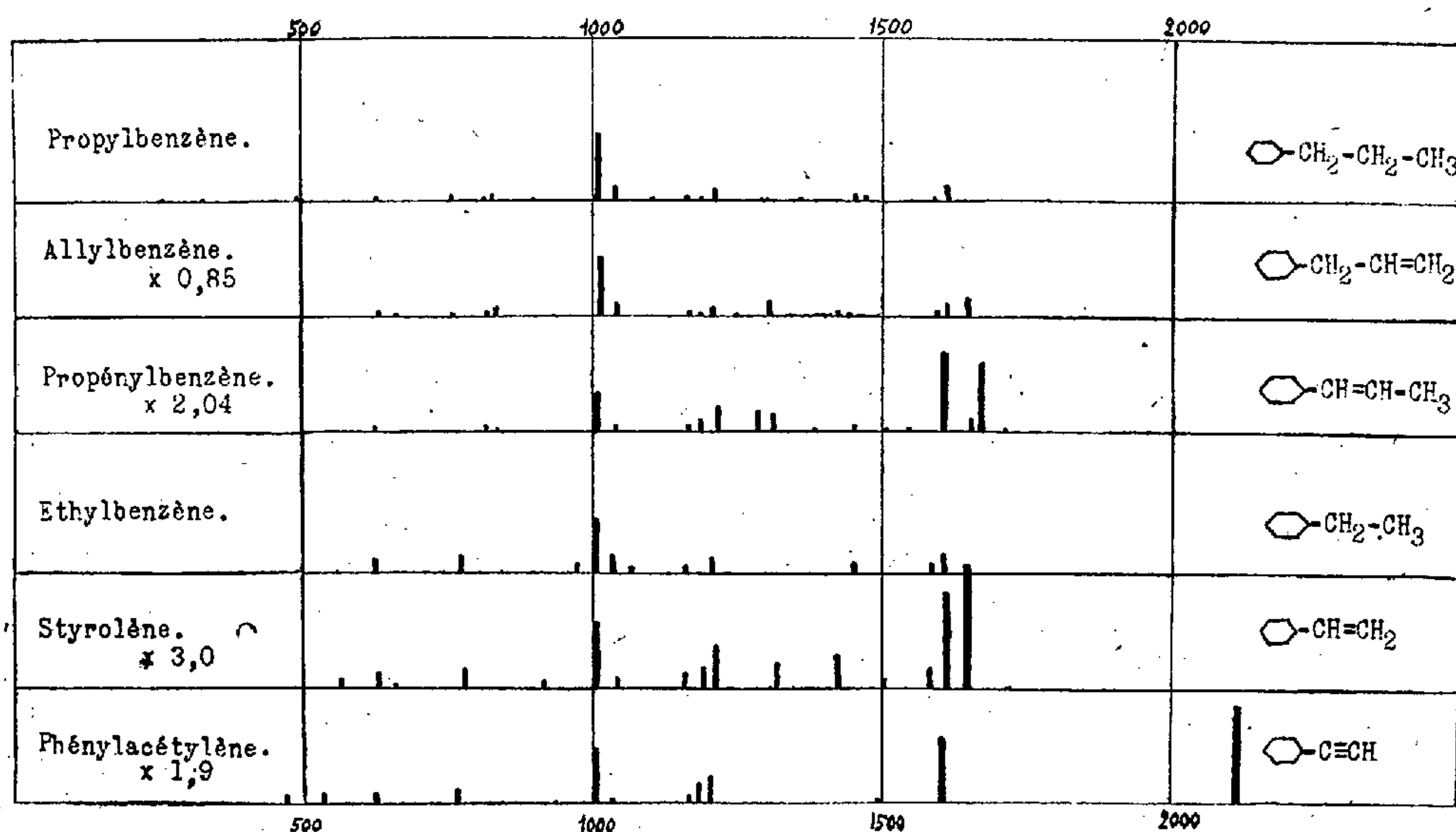
Les corps étudiés, même les plus simples, ont été préparés entièrement par

(1) Mlle Harrand, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 430.

synthèse ([2]), ce qui n'empêche pas que certains d'entre eux présentent encore un peu de fluorescence.

1° A l'*éthylbenzène* ($C_6H_5—CH_2—CH_3$) nous avons comparé les dérivés éthylénique, styrolène ($C_6H_5—CH=CH_2$) et acétylénique, phénylacétylène ($C_6H_5—C\equiv CH$). Le dérivé à chaîne saturée a un spectre très peu intense comparativement au styrolène où la double liaison de la chaîne est conjuguée à celles du noyau, de même la triple liaison conjuguée avec le noyau donne un spectre très intense, mais l'exaltation n'est pas aussi grande que dans le cas du styrolène (1,9 au lieu de 3,0).

2° Dans le cas du *propylbenzène* ($C_6H_5—CH_2—CH_2—CH_3$) nous n'avons pas pu avoir les dérivés acétyléniques, mais nous avons pu lui comparer les deux dérivés éthyléniques avec la double liaison en bout de chaîne : allylbenzène ($C_6H_5—CH_2—CH=CH_2$) et avec la double liaison conjuguée au noyau benzénique : propénylbenzène ($C_6H_5—CH=CH—CH_3$). Il est alors très intéressant de remarquer que seule la double liaison conjuguée au noyau a le pouvoir d'exalter l'intensité du spectre : le propylbenzène et l'allylbenzène ont des spectres aussi peu intenses l'un que l'autre.



Le tableau (*figure*) donne les différents spectres; la hauteur des raies est proportionnelle à l'intensité. Ces intensités sont mesurées par rapport à une raie Rayleigh du spectre. Les nombres 1, 9; 3, 0, ... indiquent par quoi il faut multiplier les intensités relatives pour avoir les intensités vraies.

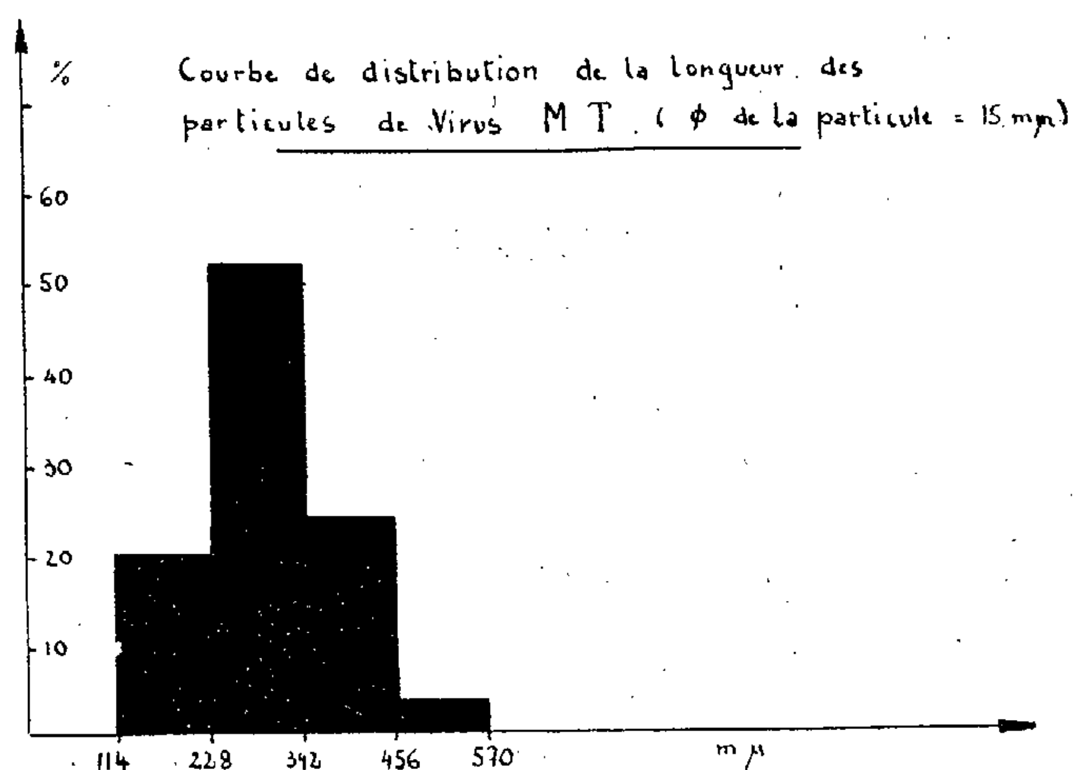
De ce tableau il ressort qu'en plus d'une exaltation générale du spectre due

([2]) Nous devons ces préparations aux élèves de M. Charles Prévost.

à la *conjugaison*, il y a une très grande exaltation des raies de double et triple liaison et que même la raie à $1600^{\text{cm}-1}$ du noyau benzénique, qui fait jouer des liaisons d'un type différent (oscillation $\overset{+}{\text{E}}g$), se trouve très augmentée par cette conjugaison, bien plus que le reste du spectre. Si l'exaltation n'avait lieu que pour les fréquences $1600^{\text{cm}-1}$ du noyau benzénique et 1640 ou $1670^{\text{cm}-1}$ de $\text{C}=\text{C}$, on pourrait l'expliquer par un couplage, mais cette exaltation de la raie 1600 a également lieu avec la triple liaison dont la raie à $2110^{\text{cm}-1}$ également très intense se trouve très éloignée de la raie $1600^{\text{cm}-1}$.

PHYSIQUE MACROMOLÉCULAIRE. — *Vérification de la validité des mesures de constantes de diffusion de rotation par biréfringence d'écoulement au moyen de solutions de virus de la mosaïque du Tabac.* Note (*) de M. **Jean-Baptiste Donnet**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le virus de la mosaïque du Tabac se prête particulièrement bien aux mesures optiques; il est incolore et ses solutions diluées présentent encore un effet Maxwell notable à des dilutions telles que les interactions entre particules puissent être considérées comme négligeables ([1]), ([2]).



L'échantillon utilisé, préparé par M. G. Oster est composé de particules en forme de bâtonnets d'épaisseur constante et de longueurs diverses dont la distribution a été déterminée par photographie au microscope électronique ([3]) et est représentée sur la figure.

(*) Séance du 20 juin 1949.

([1]) G. Kausche, H. Guggenberg et A. Wissler, *Naturwissenschaft*, **27**, 1939, p. 303 et G. Kausche, E. Pfankuch et H. Ruska, *Naturwissenschaft*, **27**, 1939, p. 292.

([2]) J. Robinson, *Proc. Roy. Soc. London*, série A, **170**, 1939, p. 514.

([3]) Microscope électronique Siemens de l'École nationale supérieure de chimie de Strasbourg.

La théorie du mouvement brownien des particules allongées ([4]) conduit à la formule (1)

$$D = \frac{kT}{8\eta_0 V} r(p); \tag{1}$$

k, constante de Boltzmann; T, température absolue; η_0, viscosité du solvant; $r(p)$, fonction de l'allongement;

qui relie la constante de diffusion de rotation D à l'allongement p et au volume V de la particule. La fonction $r(p)$ a été calculée par F. Perrin ([4]) pour les ellipsoïdes de révolution et par J. M. Burgers ([5]) pour des bâtonnets cylindriques. Ces deux formules conduisent aux mêmes valeurs pour de grands allongements.

Dans le cas d'une solution polydispersée, Ch. Sadron ([6]) a montré comment on pourrait tenir compte de la dispersité; on déduit facilement de ses formules l'expression (2) valable pour les grands allongements.

$$\frac{1}{D} = \frac{\displaystyle\sum_i \frac{c_i}{D_i^2}}{\displaystyle\sum_i \frac{c_i}{D_i}}, \tag{2}$$

où D représente la constante de diffusion apparente du mélange, mesurée par biréfringence d'écoulement et C_i la constante de diffusion de rotation de l'espèce i de concentration relative c_i.

Il est ainsi possible de calculer à l'aide de la courbe de distribution (1) et de la formule (2) la valeur de D que l'on comparera ensuite à la valeur mesurée. La valeur calculée D_c avec l'expression $r(p)$ de Burgers, est

$$D_c = 303 \text{ c. g. s.} \pm 20\,\%.$$

L'erreur provient de l'incertitude sur les dimensions déterminées au microscope électronique.

D'autre part, dans l'étude de la biréfringence d'écoulement de la solution on détermine la position des lignes neutres de la lame liquide en fonction du gradient de vitesse. Quand G est très petit, l'une des lignes neutres fait avec les directions de l'écoulement un angle φ de 45°. Quand G augmente, φ diminue et Peterlin ([7]) a montré que

$$\frac{\operatorname{tg}(\varphi - 45)}{G} = \frac{1}{12D}, \qquad \text{quand } G \to 0.$$

([4]) A. Einstein, *Ann. der Physik*, **19**, 1906, p. 301 et F. Perrin, *J. de Phys.*, **5**, 1934, p. 497.

([5]) *Second Report on Viscosity* (*Ver der Kon. Akad.*, D XVI, 1938, p. 4-113).

([6]) *J. de Phys. et le Radium*, (7), **9**, 1938, p. 381.

([7]) A. Peterlin et H. A. Stuart, *Zeits. f. Physik.*, **112**, 1939, p. 1.

L'expérience permet de déterminer cette limite et par conséquent de mesurer D. La mesure faite avec un appareil du type de celui de Sadron ([8]) sur des solutions à concentration suffisamment petite ($c = 10^{-5}$ g/cm³) pour que les interactions entre particules soient négligeables a donné

$$D_m = 280 \text{ c. g. s.} \pm 10\,\%.$$

Les valeurs de D_c et de D_m présentent entre elles un écart inférieur aux erreurs expérimentales.

Il s'ensuit que, à la précision des mesures près, les théories fondamentales de la biréfringence d'écoulement des particules soumises à un mouvement brownien sont vérifiées par l'expérience, ce qui n'avait pas encore été montré.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Nouvelle détermination de la structure fine du spectre α du radium.* Note (*) de MM. **Salomon Rosenblum**, **Marcel Guillot** et Mme **Geneviève Bastin-Scoffier**, présentée par M. Aimé Cotton.

Un travail récent ([1]) a signalé l'existence de groupes nouveaux de très faible intensité dans le spectre α du radium. L'auteur a mesuré de plus, pour le groupe déjà connu, un rapport d'intensité $\alpha_1/\alpha_2 = 1{,}8\ \%$

Ce nombre est en désaccord d'une part avec la valeur de Stahel : $\geq 5\ \%$ ([2]) (numération des rayons β résultant de la conversion interne γ), d'autre part avec les mesures anciennes de l'un de nous ([3]) (spectrographie α) qui étaient compatibles avec celles de Stahel.

Nous avons donc repris l'étude du spectre α du Ra par la méthode usuelle du Laboratoire du Grand Aimant Permanent ([4]), qui permet l'emploi de sources très peu intenses et par conséquent fournit des raies plus fines. Les temps d'exposition ont varié de un à cinq jours.

La source a été préparée à partir d'une solution aqueuse faiblement acide (N/10) de chlorure de radium, d'une concentration de 10^{-6} g/cm³; 5^cm³ de solution sont agités pendant une heure avec une lame d'argent de 2^cm² de surface, au voisinage de 100° C, pour éliminer la majeure partie du polonium. On évapore ensuite goutte à goutte, dans une gouttière en or, formée d'une feuille de $2^{mm} \times 10^{mm}$, incurvée convenablement et chauffée au bain-marie. On lave à l'eau distillée et l'on vérifie à la loupe l'absence de dépôt visible.

Sur les clichés obtenus aussitôt après préparation de la source, la raie du Po

(8) *J. de Phys. et le Radium*, (7), 6, 1936, p. 263.

(*) Séance du 11 juillet 1949.

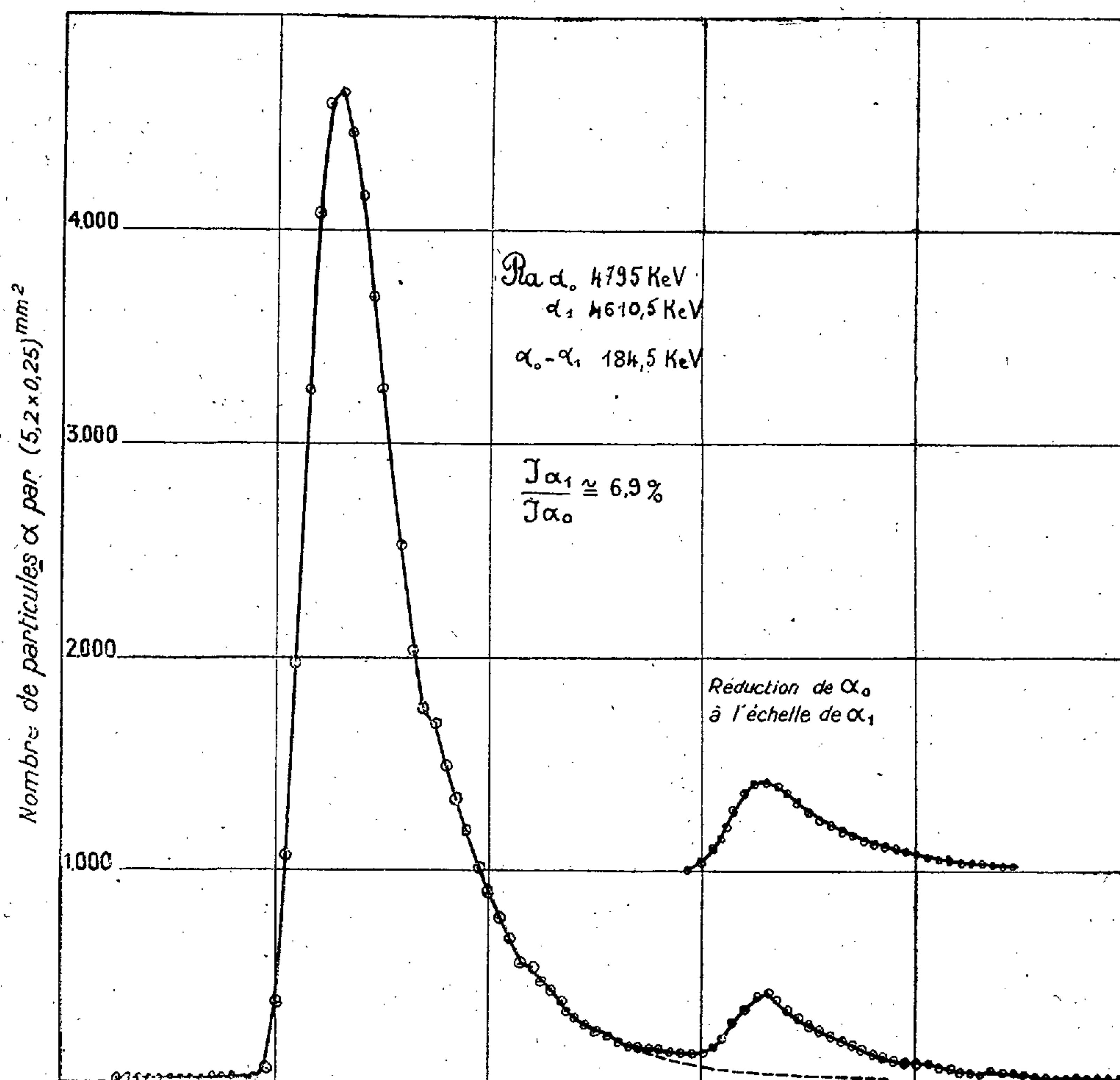
(1) W. Y. Chang, *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 632.

(2) E. Stahel, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 608.

(3) S. Rosenblum, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 317.

(4) S. Rosenblum, M. Valadares et M. Perey, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 385.

est à peine visible. Elle s'intensifie fortement dans les jours qui suivent, ce qui est visible sur des clichés postérieurs et que nous attribuons à la présence du Ra E, non éliminé par l'argent. Il est peut-être intéressant de noter que la raie du Po est plus fine que les raies du Ra et ses descendants (largeur des raies à mi-hauteur : $2^{mm},7$ pour le Ra, $1^{mm},8$ pour le Po), ce qui provient sans doute du fait que Ra E s'est déposé en surface.



L'activité résiduelle fixée à l'or est de l'ordre de 1 UES, de beaucoup inférieure à l'intensité de la source utilisée par Chang et par conséquent comportant moins de matière. α_1 ressort nettement détachée du groupe principal et le fond est négligeable devant l'intensité de la raie α_1, tandis que sur les courbes de Chang la raie α_1 est noyée dans la queue de α_0, ce qui rend difficile une mesure du rapport des intensités.

La théorie de Gamow ([5]) prévoit une intensité de α_1 4,7 % pour $j = 0$.

([5]) G. GAMOW, *Const. of atomic nuclei and radioactivity*, 1931.

L'intensité obtenue par nous $\alpha_1/\alpha_0 = 6,9\%$ est légèrement supérieure à la prévision théorique, ce qui semble d'ailleurs être le cas général.

Remarquons d'autre part que les nouvelles mesures confirment l'excellent accord de l'intervalle $\alpha_0 - \alpha_1 = 184,5$ keV (corrigé du recul $= 187,3$ keV) trouvé anciennement par nous, avec l'énergie du quantum $\gamma = 188$ keV [6]. Nous avons admis pour α_0 la valeur antérieurement déterminée par nous.

L'identification des raies très faibles signalées par Chang d'une intensité de l'ordre de quelques dix-millièmes nous semble hasardeuse même dans nos conditions améliorées. Nous avons toutefois l'indication d'un groupe vers 600 keV, dont l'intensité serait de 2 % de α_1 (région ne figurant pas sur le graphique et dont nous continuons l'exploration), intensité compatible avec la théorie de Gamow. Une confirmation par étude du rayonnement γ serait intéressante.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la distribution des pièges à électrons dans les sulfures de zinc et de calcium.* Note (*) de M. **Daniel Curie**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'étude du déclin de la phosphorescence conduit à considérer des pièges de durées de vie différentes, dont la répartition peut être caractérisée par le nombre $N_\tau d\tau$ de ceux ayant une vie moyenne comprise entre τ et $\tau + d\tau$, ou par le nombre $N_E dE$ de ceux dont la profondeur est comprise entre E et $E+dE$. Mott et Gurney ont montré que la vie moyenne τ correspondant à la profondeur E est $\tau^{-1} = p = s.e^{-E/kT}$, où p est la probabilité de sortie par unité de temps, l'électron devant absorber au moins l'énergie E par agitation thermique pour s'échapper du piège. s est une constante dont la valeur est pour les sulfures de l'ordre de 10^9 sec^{-1} [1]. On a donc

$$E = kT\log(s\tau), \qquad N_E\,dE = N_\tau\,d\tau, \qquad N_E = \frac{\tau}{kT}N_\tau.$$

Dans sa Thèse [2], Saddy donne, sous une forme un peu différente, la répartition approximative suivante pour un ZnS(Cu) :

τ sec........	4,7	21	41	235	840	5100
N_τ..........	3,80	4,60	20,5	2,70	0,63	0,036

et pour un CaS(Bi) étudié par Lenard et Kuppenheim :

τ sec........	10	39	180	750	2400	9000
N_τ..........	24,0	23,8	3,73	0,867	0,275	0,047

(6) Hahn et Meitner, *Zeits. für Phys.*, **26**, 1924, p. 161.

(*) Séance du 27 juin 1949.

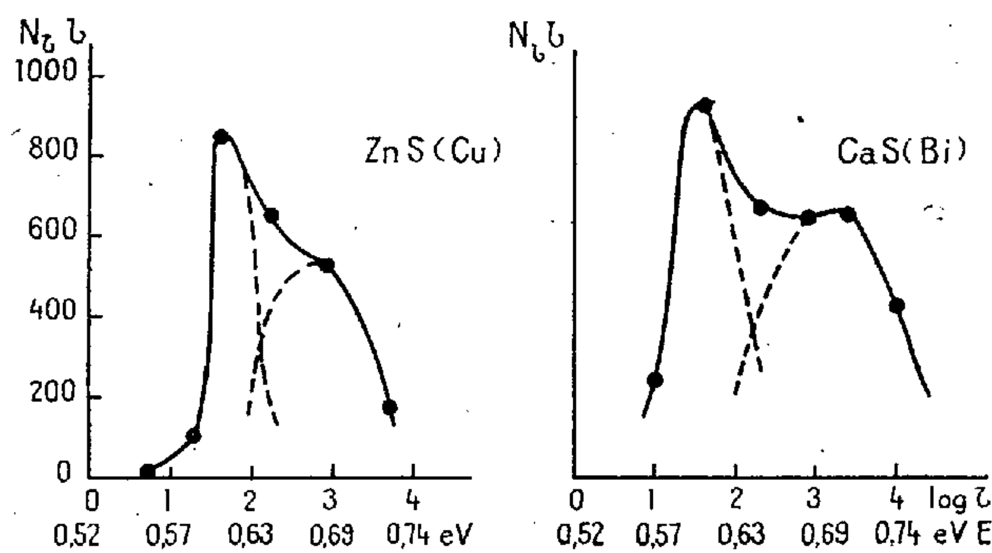
(1) Randall et Wilkins, *Proc. Roy. Soc.*, **184**, 1945, p. 365 et 390.

(2) J. Saddy, *Thèse*, Paris, 1946, p. 39; *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 2022-2024.

Récemment ([2]), Saddy a représenté $N_\tau(\tau)$ par une formule empirique (distribution régulière passant par un maximum) qui le conduit en effectuant l'intégration

$$I_t = \int_0^\infty N_\tau \frac{e^{-\frac{t}{\tau}}}{\tau} d\tau$$

(I_t intensité lumineuse au temps t après la fin de l'excitation supposée à saturation) à une formule remarquablement vérifiée par l'expérience pour le ZnS(Cu). Mais rien d'analogue ne s'est produit pour le CaS(Bi).



A la graduation en $\log\tau$ est associée la graduation en E déduite en admettant $s = 1 . 10^9$ sec^{-1}.

On constate que, malgré le nombre limité des points expérimentaux, les deux distributions peuvent s'interpréter comme une superposition de deux pics de Gauss. Les valeurs correspondantes de E sont pour ZnS (Cu) de 0,61 et 0,68 eV et pour CaS (Bi) de 0,61 et 0,70 eV. Elles sont en accord convenable avec celles indiquées par Randall, Garlick, Wilkins ([1]) d'après leur méthode de thermoluminescence à vitesse de chauffe constante. On admet implicitement la proximité immédiate des pièges et des centres luminescents ([3]) et l'absence de repiègeage ([1]). Notons que les phosphorescences de durées comprises entre quelques secondes et quelques heures correspondent à des pièges de profondeurs comprises entre 0,53 et 0,75 eV.

La distribution ici indiquée ne conduit pas pour I_t à une expression en termes finis. On a ([1])

$$I_t = \int_0^\infty N_E s e^{-\frac{E}{kT}} \exp\left[-st e^{-\frac{E}{kT}}\right] dE.$$

Pour une seule distribution de Gauss :

$$N_E = A e^{-\frac{(E-E_0)^2}{2\sigma^2}}, \qquad A = \frac{N}{\sigma\sqrt{2\pi}},$$

([3]) MAURICE CURIE, *Thèse*, Paris, 1923, p. 29; *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1353.

N le nombre total de pièges, d'où en posant

$$x = st\,e^{-\frac{E}{kT}} \quad \text{et} \quad B = \frac{kT}{\sigma\sqrt{2}},$$

$$I_t = \frac{AkT}{t}\int_0^{st} e^{-B^2\left(\log\frac{x}{x_0}\right)^2} e^{-x}\,dx,$$

non calculable par les fonctions élémentaires. On peut aussi ramener à la forme

$$I_t = \frac{N}{2t}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(-1)^n}{n!}e^{\frac{(n+1)^2}{4B^2}}x_0^{n+1}\left[1+\Theta\left(\frac{E_0}{\sigma\sqrt{2}}-\frac{n+1}{2B}\right)\right].$$

Mais cette série, quoique absolument convergente, ne permet pas le calcul numérique de I_t. (B est voisin de I et x_0 peut être $\gg 100$.) Les distributions indiquées donnent évidemment pour I_t la somme de deux telles séries.

Remarque. — Remplaçant les pics de Gauss par des pics rectangulaires, on est conduit à une expression de la forme

$$I_t . t = A(e^{-\alpha_1 t} - e^{-\alpha_2 t}) + B(e^{-\beta_1 t} - e^{-\beta_2 t}).$$

Cette formule représente aussi la loi de déclin avec la précision des expériences, mais ceci pour une marge étendue de valeurs des α et β. Donc l'emploi de cette formule ne permet pas d'atteindre avec précision les profondeurs des pièges. Toutefois l'expression unique obtenue pour B nul ne convient pas, ce qui semble prouver que l'on ne peut pas interpréter la courbe de déclin en faisant appel à un pic unique. L'essai de ce type de formule paraît constituer un critère commode.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les chaleurs d'adsorption de l'oxyde de méthyle et les chaleurs de mouillage de divers liquides sur le charbon actif.* Note (*) de M. **Jean Perreu**, présentée par M. Paul Pascal.

Cette Note contient les résultats trouvés dans la mesure des chaleurs d'adsorption de l'oxyde de méthyle et des chaleurs de mouillage de quelques liquides, sur le charbon actif de noix de coco.

1. Oxyde de méthyle $(CH_3)^2O$. — *a. Préparation.* — Le gaz a été obtenu par la méthode de Senderens ([1]) basée sur la déshydratation de l'alcool méthylique vers 270°, au four électrique, en présence de boules d'alumine précipitée. On condense la vapeur d'eau dégagée; le gaz est retenu par de l'acide sulfurique concentré puis libéré par addition d'eau et desséché sur Cl_2Ca et P_2O_5.

(*) Séance du 11 juillet 1949.

([1]) Senderens, *Traité de Chimie organique de Grignard*, 5, p. 994.

b. Résultats. — Les mesures thermiques sont effectées à 0°C, à l'aide du calorimètre à glace ([2]). Voici les nombres trouvés :

m.	$C \times 10^4$.	Q_c calg.	Q'_c calg.	Pression finale (cm de mercure).
3,50	0,76	1,05	13,810	1,3
7,06	1,53	2,07	13,530	2,9
10,90	2,37	3,30	13,920	4,8
14,95	3,25	4,29	13,200	5,1
17,71	3,85	5,16	13,400	6,7
20,98	4,56	5,80	12,720	8,8
23,64	5,14	6,60	12,840	10,3
26,33	5,72	7,01	12,250	9,9
29,12	6,33	7,75	12,240	14,7
25,88	7,67	8,70	11,340	18,1
38,69	8,41	9,53	11,330	23,4
41,75	9,07	9,90	10,910	24,7
46,69	10,15	10,88	10,710	34,1
53,31	11,59	11,71	10,100	38,4
58,79	12,78	12,60	9,860	46,7

En menant les tangentes au graphique $Q_c = f(c)$, on trouve pour les chaleurs différentielles d'adsorption, q_c, les valeurs suivantes :

$c \times 10^4$.........	0.	2.	4.	6.	8.	10.	12.
q_c (calg.)......	14.600	12.870	11.250	9.330	8.350	7.400	7.170

c. Remarques. — Les courbes des chaleurs intégrales et différentielles en fonction des concentrations, ressemblent à celles des autres gaz étudiés, sauf l'oxygène. A une concentration donnée, la chaleur intégrale est voisine de celle de l'ammoniac, inférieure à celles de SH_2 et de l'oxygène dilué et plus grande que celles des autres gaz.

2. Liquides. — *a. Définition. — La chaleur de mouillage* Q *d'un liquide, sur un adsorbant solide, représente la chaleur intégrale d'adsorption du liquide, par gramme de solide, à la température de l'expérience et sous la pression atmosphérique.* Elle ne peut être rapportée comme pour les gaz à la molg d'adsorbé, car on ignore la concentration finale de l'adsorbant.

b. Mesure de Q. — Un poids connu de liquide est versé dans un calorimètre en laiton de 300^{cm^3} de capacité, plongeant dans un gros Dewar argenté et calorifugé. On immerge dans ce liquide une ampoule de verre mince, scellée et lestée, contenant de 5 à 10^g d'adsorbant solide partiellement désorbé à l'étuve vers 250°. Au bout de quelques heures, on brise l'ampoule avec un écraseur et l'on note l'échauffement produit. Dans le cas d'un acide, le calorimètre en laiton est remplacé par un vase de verre mince, de même capacité.

([2]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1157; **226**, 1948, p. 492; **226**, 1948, p. 907; **226**, 1948, p. 2138; **228**, 1949, p. 833; **228**, 1949, p. 1420; *Bulletin de la Soc. chim.*, 5e série, **16**, 1949, p. 43.

c. Résultats obtenus. — Les mesures ont été faites à 15°-16°C, sauf pour l'acide acétique et le cyclohexanol étudiés à 20°C.

Liquides.	Poids moyen du liquide.	Poids moyen du charbon.	Δt. moyen.	Q_c. calg. moyen.
	g	g	°	cal
H_2O	200	11,128	0,465	9,02
$CH_3(CH_2)_5CH_3$ *n*	137,6	7,977	3,161	33,50
CCl_4	320,2	6,262	2,428	30,46
C_6H_6	176,8	9,089	3,118	29,49
$C_6H_5CH_3$	174	7,817	2,979	32,48
$C_6H_4(CH_3)_2$ ortho	172,6	5,569	2,240	32,64
$C_6H_5NH_2$	205	6,614	1,823	32,62
HCH_2OH	159,2	7,261	2,142	32,20
CH_3CH_2OH	158,8	7,089	2,121	31,40
$CH_3CH_2CH_2OH$	160,8	8,179	2,374	30,50
$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$	161,8	5,962	1,683	30,10
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2OH$	163,2	6,193	1,711	29,43
CH_2OH-CH_2OH	225	5,892	1,193	28,85
$CH_2OH-CHOH-CH_2OH$	247,5	8,011	0,634	12,12
$(CH_2)_5=CHOH$	188,8	8,511	1,324	14,70
$HCOOH$	244,2	10,893	2,218	25,96
CH_3COOH	211	10,960	2,504	25,70
$CH_3COOC_2H_5$	180,2	9,197	2,655	28,26
$CH_3COOC_5H_{11}$	174,8	9,212	2,493	25,85

d. Conclusions. — 1° *Les chaleurs de mouillage de la plupart des liquides ci-dessus sont comprises entre* 25 *et* 34 *calories*. Toutefois celles de l'eau, de la glycérine et du cyclohexanol sont inférieures à ces nombres.

2° *Pour les liquides d'une même série homologue, elles varient dans le même sens quand la masse moléculaire croît* : Q augmente avec cette dernière dans la série des carbures benzéniques et varie en sens inverse dans le cas des monoalcools primaires.

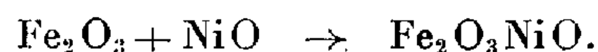
CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de réactions entre oxydes solides dans le vide.* Note (*) de MM. **Hubert Forestier** et **Jean-Pierre Kiehl**, présentée par M. Louis Hackspill.

Au cours de l'étude de l'influence de l'adsorption gazeuse sur la vitesse de réaction entre oxydes métalliques [1], notre attention a été attirée par la diminution accentuée de la vitesse de réaction dans le vide. Il nous a paru intéressant d'approfondir cette action négative du vide, qui pouvait conduire à des conclusions inattendues. Nous avons repris les expériences antérieures sur la

(*) Séance du 20 juin 1949.

(1) H. Forestier et J. P. Kiehl, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 47.

réaction



$$Fe_2O_3 + NiO \rightarrow Fe_2O_3NiO.$$

Le mélange des deux oxydes est déshydraté jusqu'à poids constant à 320° dans un vide de 10^{-5} mm Hg. Ce produit est ensuite placé dans le tube à réaction, dégazé une seconde fois à 320°, dans un vide de 6.10^{-6} mm Hg, puis recuit pendant 15 minutes sous pression constante.

Les résultats sont résumés dans la figure 1, ils conduisent aux conclusions suivantes :

1° La vitesse de formation du ferrite est une fonction linéaire du log. de la pression.

2° La vitesse de réaction tend vers zéro quand la pression tend vers zéro. Il est curieux de constater que les trois courbes extrapolées semblent converger vers l'ordonnée zéro pour le vide 10^{-8} mm Hg.

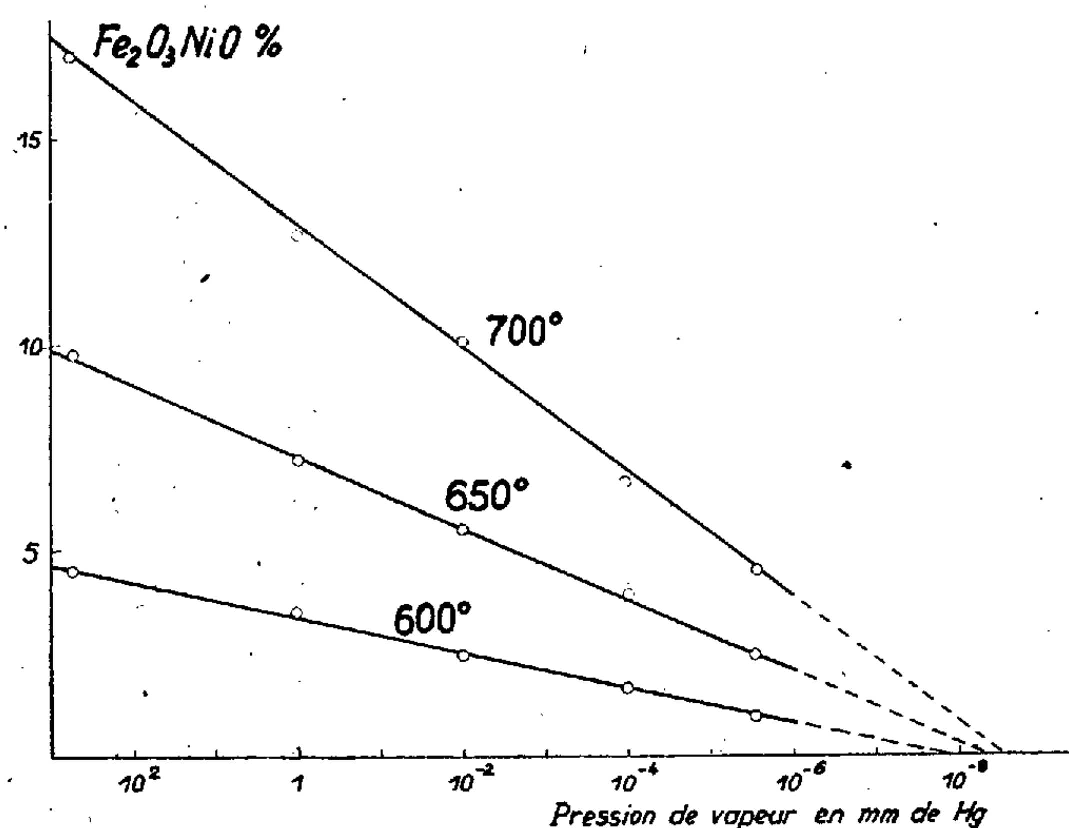


Fig. 1.

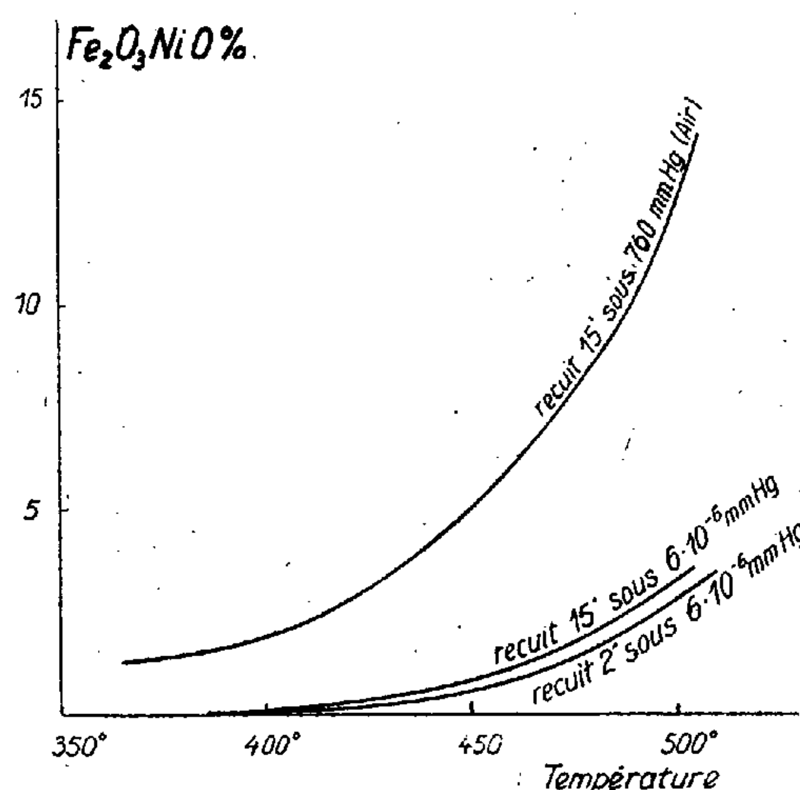


Fig. 2.

On peut admettre que la faible quantité de ferrite qui se forme dans le vide le plus élevé (6.10^{-6} mm Hg) peut être imputée à deux facteurs :

1° Réaction due à une petite quantité de gaz encore adsorbé à la température de recuit.

2° Réaction provenant d'une faible diffusion.

Nous avons pu montrer en effet que la formation du ferrite a lieu principalement au cours de la période du dégazage provoqué par la mise en température de l'échantillon et dont la durée est environ 2 minutes (0,6 % de ferrite formé sur 0,8 %).

Par ailleurs, pour minimiser l'importance du phénomène de diffusion, nous avons préparé un produit, provenant d'oxydes précipités simultanément, beaucoup plus actif que le précédent, donc nous permettant de travailler à plus basse température (*fig.* 2). Nous en déduisons que :

1° L'influence des gaz adsorbés est encore plus marquée que lors des expériences antérieures ([1]) (température de recuit plus basse, d'où adsorption de gaz plus élevée).

2° Après 2 minutes de recuit sous la pression de 6.10^{-6} mm Hg, la majeure partie du ferrite est combinée.

De l'ensemble de ces résultats il semble possible de tirer les conclusions suivantes :

1° La réaction entre nos oxydes solides n'existerait pas dans un vide parfait (au-dessous de la température de diffusion).

2° La similitude de l'allure des phénomènes que nous avons observés, aussi bien avec les gaz rares qu'avec des gaz comme O_2 ou H_2O, montre que l'adsorption gazeuse doit provenir d'une adsorption physique faisant intervenir les forces de van der Waals; or, celles-ci, d'après les théories actuelles, provoqueraient à la surface du solide, la formation d'une couche de gaz condensé dans un état supercritique (à la température de nos expériences).

On pourrait admettre, dans ces conditions, une véritable dissolution des solides dans le fluide condensé, dissolution dont la possibilité a été démontrée expérimentalement dans certains cas par plusieurs auteurs ([2]). Cette dissolution expliquerait alors la réaction entre les deux solides, réaction limitée par la formation, dans la solution saturée, d'une couche de produit solide suffisamment continue pour arrêter les échanges.

Une telle hypothèse pourrait faciliter l'interprétation de nombreux phénomènes catalytiques et de problèmes relatifs à la genèse des roches.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de la chaleur sur les mélanges d'urée et de biuret.* Note de MM. **Antoine-Pierre Rollet** et **Roger Cohen-Adad**, présentée par M. Louis Hackspill.

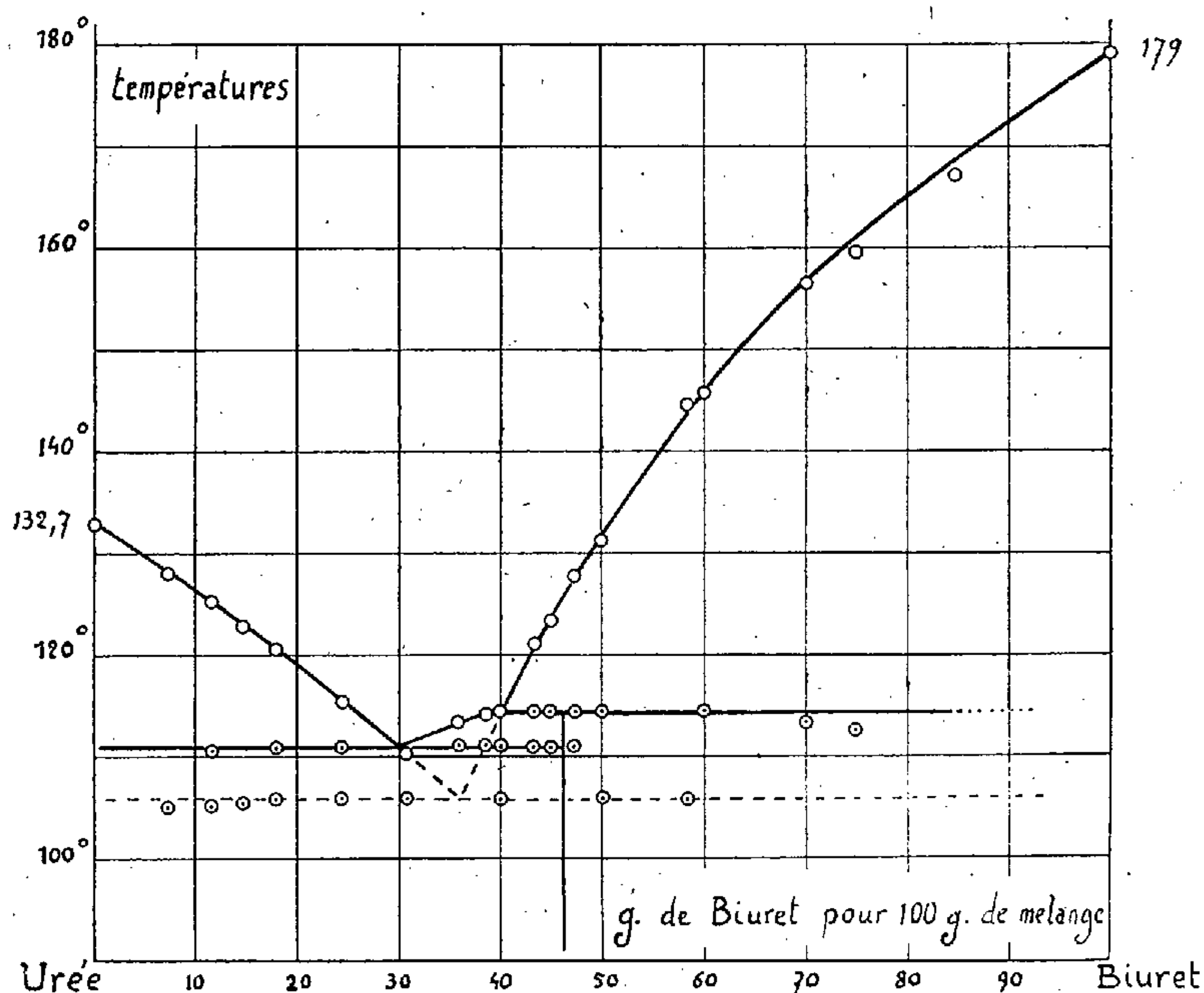
Quand on détermine par analyse thermique le point de fusion de l'urée on observe, en recommençant plusieurs fois l'opération sur un même produit, un abaissement progressif de la température de fusion; un accident thermique de plus en plus important apparaît ensuite, tantôt à 106°, tantôt à 111°.

Nous avons étudié les mélanges urée-biuret. Ils ont été faits à partir d'urée sèche et de biuret anhydre ([1]), tous deux finement broyés et intimement mêlés. Pour chacun de ces mélanges nous avons tracé la courbe de première fusion, puis la courbe de refroidissement, enfin une ou plusieurs courbes d'échauffement. Nous avons évité de prolonger inutilement les durées de chauffage du liquide.

(2) Van Nieuwenburg, *Centre de perfectionnement Ind. Conf.*, 1936-1937; J. Wyart, *Bull. Soc. Chim.*, 2, 1949, p. D 28.

(1) Le biuret cristallise avec une molécule d'eau qui part facilement vers 100°.

Dans les mélanges riches en urée la décomposition est encore lente. On obtient sur la courbe de première fusion un palier soit à 106°, soit à 111°. Avec les courbes de deuxième fusion le palier obtenu dépend des conditions du refroidissement qui a précédé l'opération. Un refroidissement lent accompagné d'agitation conduit en général au palier 111°; un refroidissement rapide donne celui de 106°. La fin de la fusion d'une même substance s'abaisse d'une opération à l'autre, à la suite du départ d'ammoniac. Ce gaz, quand la température dépasse 130°, se dégage en fines bulles du liquide et provoque un enrichissement en biuret.



Tant que la composition est inférieure à 30g de biuret pour 100g de mélange, le liquide obtenu en fin de fusion est transparent. Au delà de 30 %, un trouble ou une opalescence subsistent dans le liquide pour disparaître à une température qui s'élève selon la richesse en biuret. Aucun accident thermique ne marque la disparition de ce trouble.

Entre les compositions 40 et 45 %, on obtient tantôt deux paliers voisins, mais nettement distincts, l'un à 111°, l'autre à 114°,5, tantôt un palier unique à 106°. Au delà de 50 %, on ne retrouve plus qu'un seul palier à 114°,5. Pour ces mélanges, le système évolue rapidement. La première fusion conduit à porter la température jusqu'à 160 ou 180°; la décomposition devient active. Outre le biuret, il se forme de l'ammélide et de l'acide cyanurique, responsables probablement du trouble laiteux qui persiste quelques instants dans le liquide.

Le biuret pur tassé dans un gros tube à essai donne quand on le chauffe rapidement un palier à 179°. On obtient alors un liquide blanc laiteux, très

fluide, qui mousse et épaissit rapidement. La courbe d'échauffement, après un net palier de fusion à 179°, montre une forte absorption de chaleur qui cesse quand tout est redevenu solide par décomposition. Cette absorption de chaleur se produit dans un intervalle de température qui varie avec la vitesse d'échauffement. Quand celle-ci est lente, elle s'étend de 170 à 190°, provoquant d'abord un abaissement de la fin du palier de fusion. Avec un échauffement rapide, l'absorption de chaleur commence au-dessus de 180° et se termine vers 220°.

La décomposition du biuret n'a lieu que lorsqu'il est liquide. Elle donne de l'ammoniac et une très petite quantité d'eau. C'est l'acide cyanurique qui se forme principalement.

Différents auteurs ont indiqué pour le biuret des points de fusion compris entre 190 et 196°. Il semble qu'ils aient donné en réalité une température de décomposition correspondant à leurs conditions de travail.

En portant sur un diagramme les accidents thermiques observés (pour les mélanges de plus de 55 % seuls les accidents de la première fusion ont été retenus) on obtient la figure ci-contre :

Le diagramme comporte un point de transition (114°,5) et deux points d'eutexie dont l'un à 106° est métastable (phases solides : urée et biuret). Une combinaison chimique se manifeste et correspond à la composition 46,2 %, c'est-à-dire à l'addition de deux molécules d'urée à une molécule de biuret.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Nouvelle détermination en absence d'oxygène du potentiel de dissolution de l'aluminium poli électrolytiquement.* Note (*) de MM. **Georges Chaudron**, **Paul Lacombe** et **Georges Youssov**, présentée par M. Albert Portevin.

Nous avons montré antérieurement, en collaboration avec P. Morize [1], que le polissage électrolytique de l'aluminium pur dans le bain d'anhydride acétique et d'acide perchlorique de Jacquet peut donner une surface sensiblement exempte d'oxyde. Cette conclusion est déduite de nos mesures du potentiel de dissolution dans une solution de ClNa 3 %. Dans ces conditions, la feuille d'aluminium étudiée se comporte, au point de vue de la fidélité des mesures, comme une électrode réversible. De plus, cette technique s'est révélée beaucoup plus sensible que la méthode de diffraction électronique pour déceler de très minces couches d'oxyde [2]. Le métal poli électrolytiquement a un potentiel de —1,20 V. Mais, après exposition prolongée à l'air ou après polis-

---

(*) Séance du 4 juillet 1949.

[1] P. Morize, P. Lacombe et G. Chaudron, *Journées des États de Surface*, Paris, 1945; P. Morize et P. Lacombe, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 658.

[2] H. Raether, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1247; A. Druet et P. Jacquet, *Métaux et Corrosion*, n° **265**, septembre 1947, p. 139.

sage mécanique, son potentiel atteint — 0,74 V, valeur qui caractérise une surface d'aluminium oxydée.

Cependant cette valeur de — 1,20 V est loin d'atteindre la valeur théorique de — 1,95 V ([3]), calculée à partir de données thermodynamiques ; on pouvait donc penser que cet état de surface correspond à un métal qui a été très légèrement oxydé au contact de l'air. Nous avons donc pensé qu'il était intéressant d'effectuer toutes les opérations de polissage et de mesure du potentiel dans un même tube laboratoire et dans un gaz inerte. La figure 1 représente le schéma du dispositif : une même enceinte peut être mise successivement en communi-

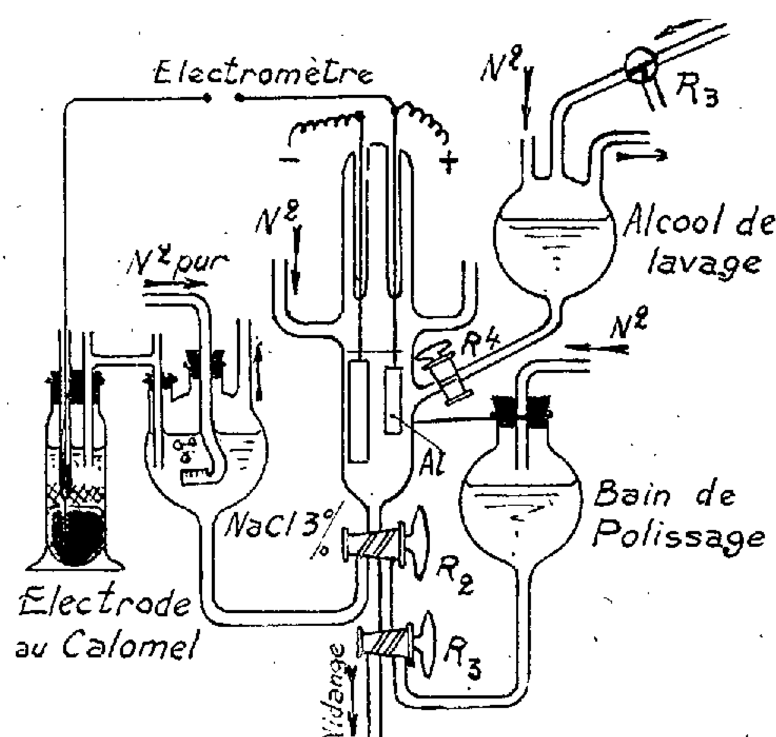


Fig. 1.

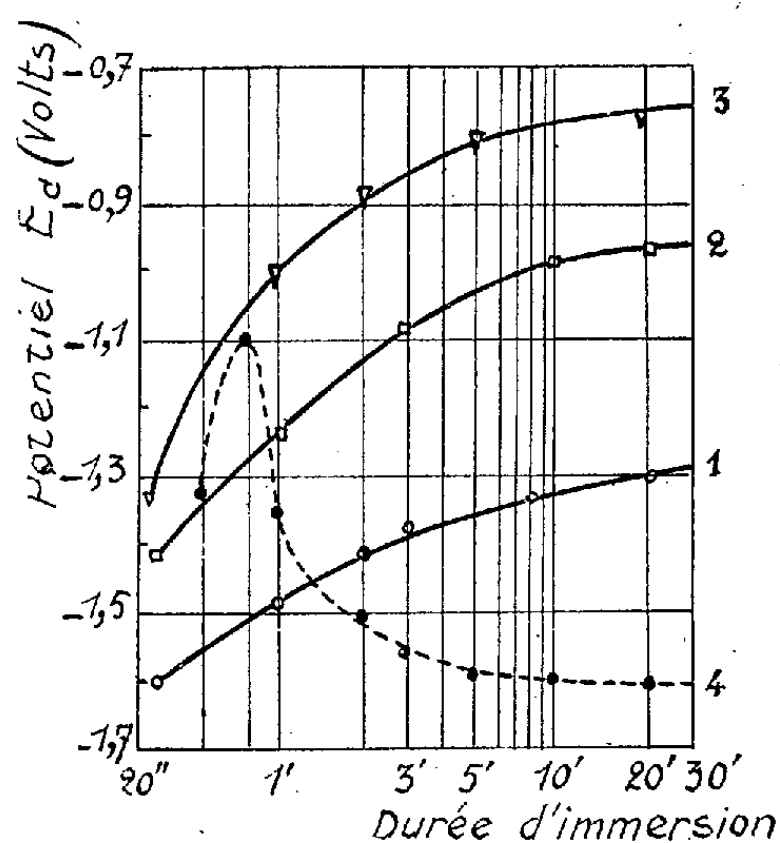


Fig. 2.

Fig. 1. — Appareil de mesure permettant d'effectuer le polissage électrolytique de l'aluminium, le lavage et la mesure du potentiel d'électrode à l'abri de l'air.

Fig. 2. — Variation du potentiel de l'aluminium poli électrolytiquement au cours de l'immersion dans le chlorure de sodium.

1, métal poli, lavé à l'alcool butylique anhydre, mesure à l'abri de l'air; 2, métal poli, lavé à l'alcool butylique anhydre, mais mesure à l'air; 3, mesure à l'air après lavage à l'alcool aéré; 4, mesure dans NaCl 3 % + 0,2 % $HgCl_2$.

cation avec trois ballons contenant le bain de polissage, l'alcool anhydre de lavage et la solution de chlorure de sodium à 3 % désaérée. L'ensemble de l'appareil se trouve traversé par un courant continu d'azote sec et pur. De plus, l'alcool éthylique qu'on ne peut déshydrater par simple distillation est remplacé par de l'alcool butylique bidistillé.

L'influence de ces différents facteurs sur l'oxydation du métal poli électrolytiquement est nettement mise en évidence sur la figure 2 par la variation du potentiel en fonction de la durée d'immersion dans la solution de chlorure de

([3]) U. R. Évans, *Metallic Corrosion, Passivity and Protection*, Londres, 1946, p. 24.

sodium. Dans le cas de mesures effectuées après lavage à l'alcool butylique anhydre et dans l'azote pur, on obtient pour le potentiel initial une valeur beaucoup plus anodique — 1,60 V. Cette valeur évolue lentement au cours de l'immersion dans la solution désaérée de chlorure de sodium (courbe 1 de la figure 2). La nécessité de purifier, de déshydrater et de désaérer complètement l'alcool de lavage est mise en évidence par la comparaison des courbes 2 et 3 obtenues respectivement avec de l'alcool désaéré et aéré. D'autre part, les mesures faites sans être à l'abri de l'air montrent une évolution beaucoup plus rapide du potentiel vers des valeurs qui correspondent au métal oxydé.

Divers auteurs avaient déjà trouvé une valeur du potentiel voisine de — 1,60 V mais en présence d'une trace de chlorure mercurique dans l'électrolyte. Ce sel donne, comme on le sait, un amalgame d'aluminium provoquant la destruction de la pellicule d'alumine. Nous avons fait des mesures sur un métal oxydé, dans une solution à 3 % ClNa + 0,2 % Cl_2Hg. On observe alors une variation continue du potentiel au début de l'immersion dans la solution, qui correspond à la destruction progressive de la pellicule d'alumine par formation de l'amalgame. Après quelques minutes, ce potentiel se stabilise d'une façon parfaitement reproductible à la valeur de — 1,625 V (courbe 4 de la *fig.* 2). Ce résultat confirme l'intérêt de la nouvelle méthode de polissage en atmosphère inerte.

Enfin, il est important de signaler que le critère d'un polissage correct donnant une valeur initiale de potentiel voisine de — 1,60 V est la formation au contact de la solution de NaCl 3 % d'une couche d'oxyde brune nettement distincte de la couche d'alumine classique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'adhérence spontanée du fer naissant.*

Note de M. **Pierre Henry**, transmise par M. Pierre Chevenard.

Le fer produit par réduction de poudres de minerai à une température trop basse pour qu'un frittage se produise montre cependant une très forte tendance à s'agglomérer, tendance qu'on ne rencontre pas au même degré dans la réduction des autres oxydes métalliques. Diverses raisons, exposées ci-dessous, portent à croire qu'une partie au moins de cette adhérence est de nature magnétique et liée à la formation des domaines de Weiss.

La théorie de l'aimantation spontanée des corps ferro-magnétiques et des domaines élémentaires d'aimantation ne tient compte que des diverses formes d'énergie qui contribuent à l'aimantation spontanée d'un cristal isolé et de celle qui résulte des actions mutuelles entre un cristal isolé et un champ magnétique extérieur. La grandeur de l'aimantation spontanée et sa variation en fonction de la température sont principalement déterminées par l'énergie électrostatique d'échange entre électrons générateurs du ferromagnétisme, tandis que la localisation des domaines est principalement due à l'énergie

magnétique de forme, c'est-à-dire au champ démagnétisant engendré par la surface extérieure du cristal. Les systèmes polycristallins sont considérés dans la théorie comme des ensembles statistiques de cristaux isolés sans qu'on fasse intervenir explicitement une énergie d'assemblage ([1]).

La réduction par un gaz à basse température d'un oxyde de fer en poudre s'accompagne de la destruction du réseau cristallin de l'oxyde, de la réjuvénation des surfaces et de changements de forme des grains. Une aimantation spontanée apparaît dans chaque grain. Elle se répartit en domaines, mais la détermination de ces domaines ne peut dépendre exclusivement de chaque grain considéré en soi, car le contact des grains est intime en raison de la réjuvénation des surfaces et des changements de forme dus à la fois au changement du réseau cristallin et à la magnétostriction spontanée qui accompagne l'aimantation spontanée. L'action des grains voisins sur la détermination des domaines dans un grain particulier implique une énergie d'assemblage qui est sans doute l'une des causes, et peut-être la seule cause, de l'adhérence des grains réduits les uns aux autres. Le travail qu'il faut dépenser pour détruire les adhérences mesure cette énergie d'assemblage. Les raisons qui portent à croire qu'elle est liée au ferromagnétisme sont les suivantes :

1. L'adhérence observée est très différente de l'adhérence de frittage qui apparaît quand l'agitation thermique rend instables les portions du réseau déformées par le voisinage de la surface du grain. Elle se produit à une température bien plus basse. Les poudres de métaux non ferromagnétiques se laissent réduire à basse température sans adhérence.

2. Les figures de Bitter-Akoulov montrent qu'un grain ferromagnétique isolé possède, même après la constitution des domaines, un champ magnétique extérieur non nul, qui ne se fait sentir qu'à des distances faibles, mais cependant supérieures à la distance à laquelle les forces de cohésion sont sensibles. La dispersion d'un faisceau d'électrons longeant la surface d'un monocristal ferromagnétique, observée par Germer, est également due à ce champ extérieur.

La libération des grains adhérents provoque une redistribution des domaines, qui réduit le champ extérieur de chaque grain. Le champ rémanent après cette redistribution est trop faible pour provoquer des adhérences par simple contact. L'énergie libre d'origine ferromagnétique devient minimum pour chaque grain, mais elle n'est pas minimum pour l'ensemble des grains, ensemble qui pourrait encore perdre l'énergie dépensée pour libérer les grains. L'hystérésis ferromagnétique s'oppose à la réapparition de l'adhérence en même temps que la souillure des surfaces par adsorption de gaz.

L'énergie d'assemblage est probablement de même nature que l'énergie magnétique de forme et elle pourrait apparaître dans les calculs statistiques

---

([1]) S. V. VONSVOSKII et Y. S. CHOUR, *Ferromagnétisme*, Moscou, 1948, 816 pages (en russe).

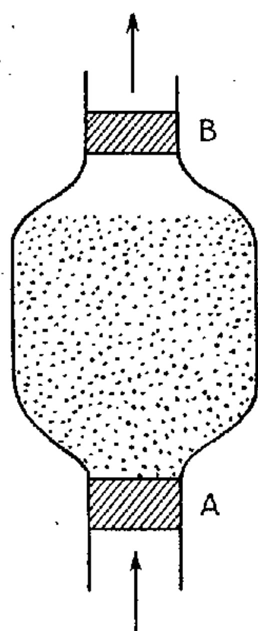
comme un tenseur démagnétisant externe, analogue au tenseur démagnétisant interne et dépendant de la granulométrie et de la densité apparente.

Une étude expérimentale approfondie de l'adhérence du fer naissant présenterait un grand intérêt technique parce que ce sont ces adhérences qui opposent un obstacle, jusqu'à présent insurmontable, à la réduction des minerais de fer dans les conditions énergétiques les plus favorables.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Étude expérimentale de la cinétique d'une réaction gaz solide.* Note (*) de M. **Jean-Michel Dunoyer**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une Note antérieure [1] nous avons traité théoriquement l'étude cinétique de la réaction d'un gaz sur une poudre, en supposant que les grains de la poudre sont en suspension dans le gaz tels que les grains constituant une fumée. Cette condition supprime l'influence de la diffusion à travers la masse pulvérulente, seule la diffusion à travers les grains eux-mêmes pouvant agir sur la vitesse du phénomène.

Expérimentalement il est très difficile de réaliser ces conditions idéales. Il n'est pas facile de réaliser des nuages de poussières suffisamment ténues dans le plus grand nombre des cas.



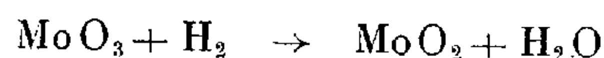
Le dispositif expérimental suivant permet toutefois de se rapprocher de ces conditions. La poudre est placée dans un tube dont la partie principale a la forme de la figure ; en A se trouve un tampon de coton de verre peu serré offrant au gaz un passage facile, en B se trouve un autre tampon beaucoup plus serré offrant une certaine résistance au passage du gaz. Dans ces conditions, en choisissant convenablement les dimensions, le contact entre la poudre et le gaz est bon. On peut s'en rendre compte en regardant ce qui se passe au

(*) Séance du 27 juin 1949.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1729.

moment où l'on introduit le gaz dans l'appareil. On constate au moment de son entrée un gonflement de toute la masse de la poudre, gonflement qui indique une diffusion homogène du gaz dans la masse pulvérulente.

Nous avons étudié avec un dispositif de ce genre la réaction



$$MoO_3 + H_2 \rightarrow MoO_2 + H_2O$$

à des températures, comprises entre 375° C et 450° C, telles que la vitesse de la réaction soit petite et qu'il n'y ait pas de réduction de MoO_2 par H_2. La vitesse de réaction est suffisamment lente pour qu'à chaque instant la concentration de la vapeur d'eau formée par la réaction soit très petite par rapport à la concentration de H_2. Cette vapeur d'eau est entraînée par le courant gazeux et absorbée par un desséchant.

L'étude théorique de la vitesse d'une réaction gaz solide en tenant compte de la diffusion à l'intérieur des grains (Note précédente) nous a montré qu'au bout d'un certain temps le nombre de moles du solide initial subsistant dans la masse du réactif varie en fonction du temps suivant la loi

$$N = N_0 e^{-H't}. \tag{1}$$

Avec les notations employées antérieurement $H' = Hu_0$. Les expériences décrites ici ont pour but de vérifier si pour une pression déterminée du gaz, la quantité H' trouvée expérimentalement est constante pour une température donnée.

La détermination de H' dans le cas de la réaction étudiée est faite de la manière suivante : soit p_0 la masse initiale de poudre, p sa masse à un instant t, n_0 et n les nombres de moles de MoO_3 à l'instant initial et au temps t, on a

$$p_0 = n_0(\mathrm{Mo} + 3\mathrm{O})$$
$$p = n(\mathrm{Mo} + 3\mathrm{O}) + (n_0 - n)(\mathrm{Mo} + 2\mathrm{O})$$

en tenant compte de (1) on trouve

$$H' = -\frac{1}{t}\frac{1}{\log e}\log\left[1 - \frac{\mathrm{Mo}+3\mathrm{O}}{\mathrm{O}}\frac{p_0 - p}{p_0}\right].$$

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Température (en °C).		Durée de la réaction (en minutes). 30.	45.	60.	90.	120.	135.	180.
365	$H'.10^6 =$	–	5,96	–	5,12	–	5,12	5,12
372	$H'.10^6 =$	–	9,37	–	11,5	–	9,27	11,18
383	$H'.10^6 =$	19,2	–	17,9	19,15	21,4	–	–
394	$H'.10^6 =$	52,5	–	52,4	49,1	47	–	–
405	–	–	–	–	63,8	61,6	63,4	–

On voit que pour une température donnée la vitesse de réaction fournie par

l'expérience, calculée conformément aux conclusions de la théorie, est effectivement constante, aux erreurs d'expériences près que comporte ce genre de mesures.

ÉLECTROCHIMIE. — *L'oxydation anodique du ferro-chrome dans une solution de soude.* Note de MM. **Jean Besson** et **Chu Yung-Chao**, présentée par M. Louis Hackspill.

Alors que l'oxydation anodique des ferro-manganèses en solution alcaline a été souvent étudiée, celle des ferro-chromes n'a fait l'objet que d'un travail de quelque importance, celui de Thompson (1) en 1924, et d'un brevet (2) qui ne semble pas avoir reçu d'application.

Nous en avons repris l'étude, en mesurant, dans différentes conditions, le rendement en courant de l'opération. Deux échantillons de ferro-chrome ont été utilisés; ils possèdent la composition suivante :

	Fe.	Cr.	C.	Si.
Échantillon I........	32,4 %	60,0 %	6,3 %	1,3 %
Échantillon II.......	29,2	63,9	6,9	Traces

Le ferro-chrome, en bloc d'environ 50^{g}, est poli à la meule; soudé à une tige de fer, il constitue l'anode. La cathode, en fer, cylindrique, l'entoure complètement. La température du bain est maintenue aussi constante que possible et l'agitation entretenue par un courant d'air comprimé barbotant dans la solution.

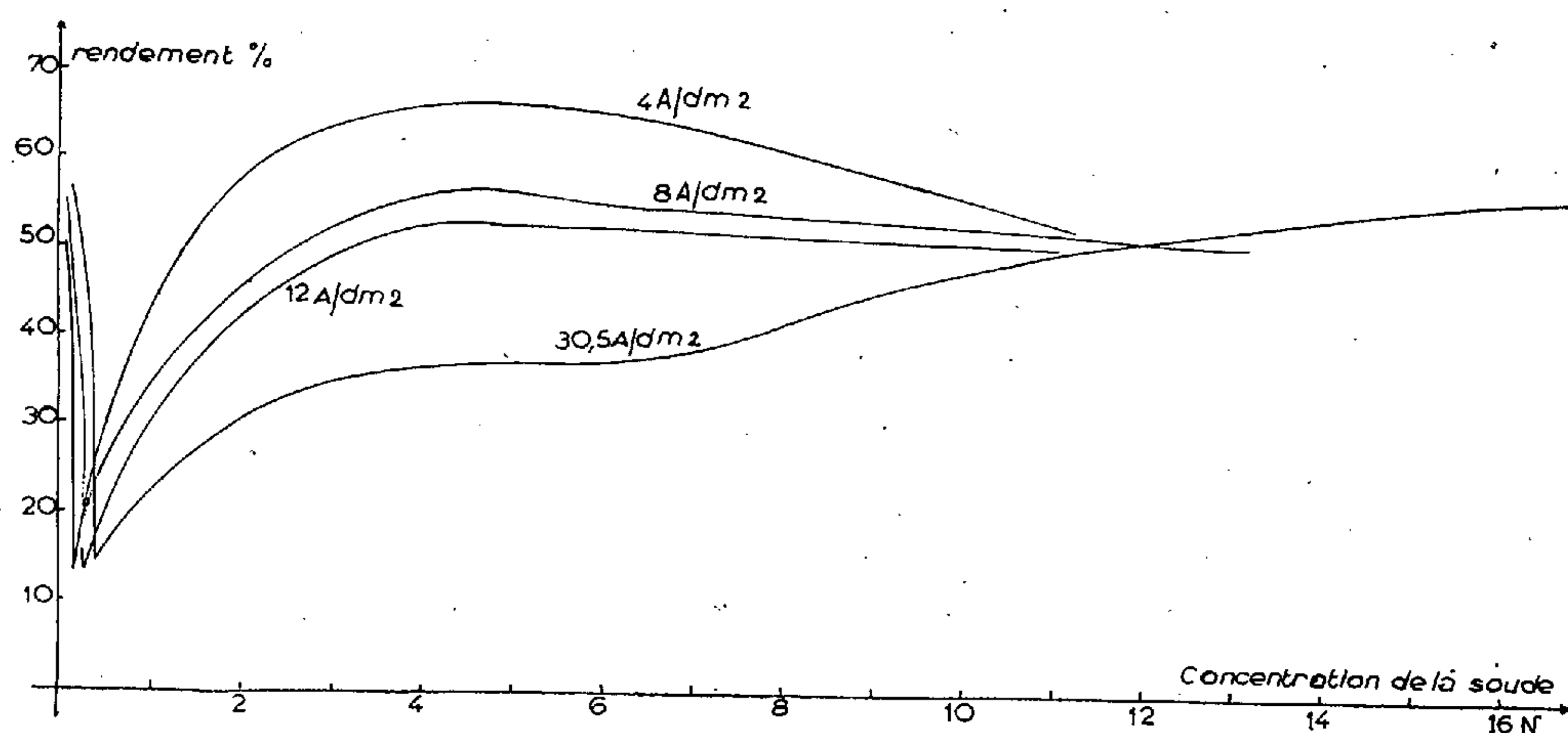
Résultats. — Dès le passage du courant, la couleur jaune du chromate apparaît, tandis que le fer est oxydé à l'état d'hydroxyde ferrique qui précipite, mêlé d'un peu de ferro-chrome désagrégé. En dosant la quantité de chromate formé après passage d'une quantité donnée d'électricité, on détermine le rendement en courant de l'oxydation, c'est-à-dire le rapport entre la quantité d'électricité théoriquement nécessaire à la transformation : $Cr^{0} - 6e \rightarrow Cr^{6+}$, et celle qui a été effectivement consommée. Remarquons que ce rendement ne peut atteindre 100 %, puisqu'une partie de l'énergie dépensée sert à transformer le fer métallique en composé ferrique. Pour l'échantillon I, sa valeur maximum est 69,8 % ou 63,4 %, suivant que l'on admet une oxydation du carbone, à l'état de CO ou de CO_2.

Les courbes de la figure représentent, pour différentes densités de courant, les variations de ce rendement en fonction de la concentration en soude du bain. Toutes présentent un minimum aigu, puis croissent, continuement si la densité de courant est grande, jusqu'à un palier ou un maximum si elle est plus faible.

(1) M. D. Thompson, *Trans. Am. Electrochem. Soc.*, 46, 1924, p. 51.

(2) A. Jouve, A. Helbronner et Soc. Hydro-électrique et métallurgique du Palais, *British Patent*, 177.174 *U. S. Patent* 1.492.636.

Ce maximum ou ce palier est atteint pour une concentration voisine de 4,5 N. Le rendement correspondant, d'autant meilleur que la densité de courant est plus faible, s'élève alors jusqu'à 66 % ; il est donc proche de la valeur théorique maximum et la dépense d'énergie nécessaire à la fabrication de 1^{kg} de chromate ne dépasse pas 3 kWh.



Nous avons cherché à préciser les phénomènes correspondant à chaque partie de ces courbes.

a. Dans les bains peu concentrés en soude, l'anode en ferrochrome reste brillante et les boues d'électrolyse contiennent, outre l'hydroxyde de fer, des quantités notables de chrome à l'état trivalent. Nous admettons que la formation d'acide chromique à l'anode rend la solution acide au voisinage immédiat de celle-ci. Dans ces conditions, le chrome se dissout partiellement à l'état trivalent et précipite ensuite sous forme d'hydroxyde.

b. Dans les bains de concentration supérieure à celle du minimum, les boues ne contiennent plus que de l'hydroxyde de fer, tandis que l'anode se recouvre d'une pellicule brune, d'aspect presque colloïdal au voisinage du minimum, puis de plus en plus nettement granuleuse à mesure que la concentration en soude augmente. Séchée, elle contient en moyenne 74 % de Fe_2O_3 [teneur théorique de $Fe(OH)_3$: 74,8 %] et pas de chrome. Son spectre de rayons X présente trois raies très nettes, que l'on retrouve, mais plus floues, dans le spectre des boues. Il s'agit donc d'un oxyde de fer cristallisé de composition voisine de Fe_2O_3, $3H_2O$.

c. Pour des teneurs en soude encore plus élevées, et seulement si l'on utilise une très forte densité de courant, nous avons vu que le rendement continue à croître. On constate alors que la pellicule d'oxyde ferrique ne se forme plus. En même temps, le bain prend une teinte rouge et, après filtration, laisse déposer peu à peu une petite quantité d'hydroxyde ferrique. Ces faits sont dus

à l'oxydation de la pellicule à l'état de ferrate, phénomène déjà signalé par l'un de nous ([3]).

En résumé, l'oxydation anodique du ferro-chrome en solution de soude conduit au chromate, avec un rendement en courant qui peut atteindre le maximum théorique. Il faut, pour cela, opérer dans un bain de concentration voisine de 4,5 N, avec une densité de courant faible. Cette oxydation s'accompagne de la formation, sur l'anode, d'une pellicule d'oxyde de fer, plus ou moins adhérente qui influe ainsi sur le rendement.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Propriétés mécaniques des fils de polyhexaméthylène dihydroxy αα'-adipamide.* Note de MM. **Gérard Beauvalet** et **Georges Champetier**, transmise par M. Pierre Chevenard.

Le polyhexaméthylène dihydroxy adipamide préparé par polycondensation de l'acide dihydroxy αα'-adipique et de l'hexaméthylène diamine ([1]) est formé de longues chaînes polyamidiques portant latéralement des fonctions oxhydrile libres. La cohésion des macromolécules est assurée par deux types d'interactions hydrogène, les unes se développant entre les groupes CO et NH, les autres entre les oxhydriles de deux chaînes voisines ([2]).

Après polycondensation, l'extrusion du polyamide hydroxylé fondu donne un fil étirable à froid de 500 % environ. Les propriétés mécaniques de ce fil ont été étudiées à l'aide de la micromachine de traction de M. Chevenard par trois techniques différentes. La traction continue a fourni la résistance et l'allongement à la rupture du fil; une traction discontinue en appliquant des efforts croissants, de manière à tracer des cycles d'amplitude de plus en plus grande, a donné les allongements et les déformations du fil en fonction de l'effort ainsi que le coefficient du travail élastique, rapport du travail élastique au travail total; enfin, la technique des petits cycles fixés a permis de déterminer le module d'Young en fonction de la force appliquée.

En accord avec les observations faites sur les clichés de diffraction de rayons X, l'étude des propriétés mécaniques fait apparaître que les interactions hydrogène se développent progressivement en même temps que la cristallinité du polyamide au cours de son vieillissement à froid.

Les variations du module d'Young au cours de tractions successives sont comparables à celles de la kératine ([3]). Le module d'Young du polyamide hydroxylé commence par décroître pour croître ensuite. Le parallélisme des macromolécules ne paraît donc être obtenu qu'après destruction de liaisons

---

([3]) J. Besson, *Ann. de Chim.*, (2e série), 12, 1947, p. 527.

([1]) G. Beauvalet, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1866.

([2]) G. Beauvalet, G. Champetier et R. Tertian, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 2028.

([3]) P. Chevenard et G. Champetier, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 954.

hydrogène transversales établies vraisemblablement entre des groupements oxhydrile appartenant à des chaînes macromoléculaires assez fortement désorientées initialement. Une fois cette parallélisation réalisée, le polyamide hydroxylé se comporte comme les polyamides normaux du type Nylon.

	Résistance à la rupture (kg/mm²).	Allongement à la rupture (%).	Déformation maxima (%).	Coefficient de travail élastique (%).	Taux d'étirement (%).
Polyamide hydroxylé					
après filage........	50	25	13	56	500
après trois mois...	70	16	8	58	
après six mois.....	90	17	7	50	
non hydroxylé	50	14	3	83	450

D'autre part, le recuit des fils étirés à température un peu inférieure au point de ramollissement (T : 158°), provoque une réaction des oxhydriles entre eux, donnant naissance, par déshydratation, à des liaisons pontales étheroxyde. Il en résulte un accroissement de la cohésion entre les chaînes macromoléculaires dû à la formation de ces liaisons covalentes se traduisant par une augmentation de la charge de rupture, mais aussi une augmentation de la rigidité de la structure cristalline s'accompagnant d'une diminution de l'allongement à la rupture.

Temps de recuit.	Avant recuit.	40h.	90h.	150h.	Fibre recuite mais non étirée.
Résistance à la rupture (R Kg/mm²).......	50	56	78	70	68
Allongement à la rupture (A %)..........	25	16	21	14	25
Déformation maxima (D %).............	13	5	8	6	13
Coefficient de travail élastique (C_1 %).....	56	63	63	52	55

L'immersion des fils dans l'eau provoque un changement complet des qualités mécaniques qui deviennent très médiocres, tandis que le mécanisme de déformation se rapproche de celui des polyamides normaux. Ces caractères sont attribuables à la fixation de l'eau sur les oxhydriles détruisant les liaisons hydrogène qui les unissaient primitivement. Ceci confirme le rôle important que jouent ces oxhydriles dans la structure cristalline.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation électrolytique et les propriétés des borures d'uranium.* Note de MM. **Jean-Lucien Andrieux** et **Pierre Blum**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'un de nous [1] a montré qu'en électrolysant un bain fondu à base de borate et de fluorure alcalino-terreux tenant en dissolution une certaine quantité d'oxyde d'uranium, U_3O_8, on recueille après traitement de la masse finale par

[1] J.-L. Andrieux, *Thèse*, Paris, 1929; *Annales de Chimie*, **10**, 1929, p. 423.

l'acide chlorhydrique dilué, de notables quantités de cristaux d'un borure répondant à la formule UB_4.

Il nous a semblé intéressant de reprendre ces essais en faisant varier les concentrations respectives de B_2O_3 et de U_3O_8 dans le bain, pour essayer de préparer d'autres borures d'uranium. Nous avons choisi des bains à base de borates et de fluorure de magnésium, car ils présentent l'avantage de donner des produits plus purs et mieux cristallisés que ceux à base d'autres métaux alcalino-terreux.

Les expériences ont été faites au moyen de notre dispositif habituel, le creuset de charbon fonctionnant comme cathode, une baguette de graphite servant d'anode. Le tableau suivant résume les conditions dans lesquelles les essais ont été effectués et les résultats obtenus :

N°.	Composition du bain.	Température (°C.)	Tension moyenne (volts).	Intensité moyenne (ampères).	Durée (h.)	Produits obtenus.
1.	$2B_2O_3$, $MgO + MgF_2 + 1/20\,U_3O_8$.....	1100	12	23	1,30	UB_4
2.	$2B_2O_3$, $MgO + MgF_2 + 1/10\,U_3O_8$.....	1100	10	20	1,15	UB_4
3.	B_2O_3, $MgO + MgF_2 + 1/20\,U_3O_8$.....	1100	8	25	1,30	UB_4
4.	$2B_2O_3$, $MgO + MgF_2 + 1/40\,U_3O_8$.....	1100	19	23	1	$UB_4 + UB_{12}$

L'étude des trois premiers essais montre que lorsqu'on fait croître la concentration de l'oxyde d'uranium du simple au double, par rapport à B_2O_3, soit par une augmentation de la quantité de U_3O_8 dissoute dans le bain, soit au contraire par l'emploi de métaborate de magnésium au lieu de diborate, on n'aboutit qu'à la formation de quantités plus ou moins importantes de borure UB_4, le rendement en bore diminuant considérablement lorsque l'on passe d'un bain acide à un bain neutre. Ainsi l'essai n° 3 ne fournit que 1^g de cristaux contre environ 5^g dans l'essai n° 1.

Dans l'essai n° 4, nous avons fait varier la concentration de U_3O_8 en sens inverse et nous sommes descendus jusqu'à 1/40 de molécule d'oxyde. Nous avons obtenu cette fois un mélange d'un peu d'UB_4 et d'une quantité assez importante, environ 3^g d'un borure nouveau, auquel l'analyse attribue la formule UB_{12}. Il ne nous a pas été possible jusqu'à présent d'obtenir du borure plus riche en bore.

Propriétés des borures d'uranium. — Sous le microscope, UB_4 se présente sous la forme d'aiguilles prismatiques ayant un éclat métallique à reflets blanc jaunâtre; quant à UB_{12}, il se présente sous forme d'amas de petits cristaux de forme octaédrique et de plaquettes, ayant un éclat métallique à reflets gris d'acier.

Les mesures de densités donnent les valeurs suivantes : pour UB_4, d^{15} 9,32 et pour UB_{12}, d^{18} 5,65.

Ces deux borures sont très durs et rayent le quartz et la topaze.

Au point de vue chimique, les deux borures sont décomposés par les

peroxydes de plomb et de sodium. L'eau oxygénée concentrée et l'acide nitrique les dissolvent facilement. Cependant, alors que UB_4 est attaqué par les acides chlorhydrique et fluorhydrique concentrés ou étendus, lentement à froid et très rapidement à chaud, UB_{12} est absolument inattaqué par ces deux acides bouillants et à toutes concentrations; cette particularité nous a permis de séparer aisément UB_{12} de UB_4 par attaque sélective. L'acide sulfurique concentré et bouillant attaque très lentement UB_{12}, beaucoup plus rapidement UB_4.

CHIMIE MINÉRALE. — *Les alcalis dans les ciments artificiels; leur origine et leur comportement vis-à-vis de l'eau.* Note de MM. **Louis Chassevent** et **Paul Stiglitz**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Nous avons montré précédemment que l'hydratation des ciments dépend des compositions des solutions formées par le contact des ciments avec l'eau ([1]). Ces compositions sont généralement déterminées en agitant dans l'eau très peu de ciment, couramment 100 à 2000 fois moins que pour la préparation des bétons, afin de pouvoir séparer facilement le liquide du solide pour les analyser. Les expériences effectuées dans de telles conditions par de nombreux chercheurs ont conduit à conclure que les ciments artificiels s'hydratent au sein de solutions sursaturées en chaux contenant de $1^g,3$ à $1^g,7$ d'oxyde de calcium par litre à la température ambiante.

Nous avons constaté que cette conclusion ne correspondait pas à la réalité dans tous les cas où nous avons mis en contact avec peu d'eau, de même que dans la pratique, des ciments artificiels fabriqués dans une usine de la région parisienne. L'hydratation de ces ciments s'effectuait dans des solutions contenant par litre seulement quelques décigrammes de chaux mais, par contre, plusieurs grammes de potasse provenant de la dissolution très rapide des alcalis des ciments. Cependant ces ciments n'étaient pas exceptionnellement riches en alcalis (K_2O : 0,74 à 0,90 %; Na_2O : 0,13 à 0,20 %). En outre, plusieurs chercheurs ont obtenu des résultats analogues aux nôtres en étudiant divers ciments artificiels fabriqués à l'étranger ([2]). Par conséquent il convient d'attacher une très grande importance à la présence de petites quantités d'alcalis dans les études de la prise et de l'hydratation des ciments artificiels.

Nous avons été ainsi conduits à examiner les origines et les transformations des alcalis dans les fabrications des ciments employés pour nos études.

Origine des alcalis. — Il est généralement admis que les alcalis des ciments

---

([1]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1499.

([2]) *Stein Zement*, 1930, p. 240; *Hänsel Zement*, 1933, p. 625; *Hein Tonind. Ztg.*, 1932, p. 203; *Roller Ind. Eng. Chem.*, 1934, p. 669; *Kalousek Rock Prod.*, 1941, p. 52; *Hedin Rev. Mat. Const.*, 1947, p. 300; *Hansen et Pressler Ind. Eng. Chem.*, 1947, p. 1280.

artificiels proviennent essentiellement des matières premières argileuses. Une partie des alcalis des argiles se retrouve dans le clinker tandis que l'autre partie est volatilisée dans les fours puis entraînée par les gaz vers les chambres de dépoussiérage. Mais nous avons constaté qu'il existe en plus une autre source importante d'alcalis depuis que les circonstances économiques ont conduit à employer en France des charbons très riches en cendres pour cuire les ciments. Les changements très fréquents de la qualité des charbons fournis depuis 1939 aux cimenteries françaises ont pour effet d'introduire dans les fours à ciment des quantités variables et parfois très importantes d'alcalis ainsi que le montre le tableau ci-dessous. Il convient de rapprocher ces variations des irrégularités de prise observées parfois en fabriquant des ciments à partir de pâtes de composition constante.

Quantités d'alcalis introduites dans un four à ciment pour un kilogramme de clinker cuit à raison de 1500 cal/kg *de clinker.*

	Provenance.	Cendres.	Matières volatiles.	K_2O.	Na_2O.
I. Par la pâte à ciment				6g,60	1g,1
II. Par les cendres de divers charbons.	Américain	15,2 %	8,1 %	0,67	0,12
		17,2	25,8	1,05	0,02
	Mélange	25,2	17,6	1,79	—
	Kreuzwald	31,3	27,8	3,83	0,15
	Bruay	43,4	13,8	5,27	0,26
	Saint-Étienne	40,3	16,1	5,64	0,30
	Oignies	58,5	7,7	12,73	0,34

État des alcalis des clinkers, ciments et poussières. — Les alcalis n'existaient pas sous le même état dans les clinkers que dans les poussières recueillies à la sortie des fours.

Les alcalis des clinkers et des ciments se dissolvaient rapidement dans l'eau. En quelques minutes 35 à 40 % de la potasse passait en solution. La potasse n'était donc pas répartie régulièrement dans les cristaux de silicates tri et bicalciques, ces constituants essentiels des ciments artificiels n'étant attaqués que très lentement par l'eau. En outre la dissolution rapide de la potasse n'était pas due à ce qu'une partie importante de ce corps existait à l'état de sulfate de potassium ainsi que l'a indiqué Taylor. Nous avons en effet obtenu une dissolution rapide de la potasse de clinkers ne contenant pas de sulfate. Nous avons été ainsi conduits à admettre que la dissolution rapide des alcalis des clinkers est due :

1° à une solubilisation des alcalis des matières argileuses et des cendres par les matières calcaires au cours de la cuisson, analogue à celle obtenue par application de la méthode de Lawrence Smith pour le dosage des alcalis;

2° à la concentration des alcalis dans la partie alumineuse fondue au cours de

la cuisson et enrobant les cristaux de silicate de calcium, ainsi que l'ont admis également plusieurs chercheurs.

Les poussières contenaient 8 à 10 fois plus d'alcalis que les clinkers. Mais les alcalis des poussières ne se dissolvaient que très lentement dans l'eau, soit 6,4 % après 1 jour, et 8,2 % après six mois. Cette lente dissolution s'explique du fait que les poussières étaient, de même que certains verres peu attaquables par l'eau, riches en silice et pauvres en chaux, contrairement aux clinkers.

En résumé, l'hydratation des ciments artificiels est influencée par la présence, dans ces ciments, de petites quantités d'alcalis (0,2 à 1,5 %). Ces quantités dépendent, non seulement de la composition des matières premières argileuses, mais également des variations très fréquentes et très importantes de la teneur en cendres des charbons employés actuellement en France pour cuire les ciments artificiels.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la filiation des oxydes d'uranium d'après l'étude de leurs spectres X.* Note de MM. **André Boullé**, **Robert Jary** et Mme **Marthe Dominé-Bergès**, présentée par M. Pierre Jolibois.

L'existence dans le domaine de composition UO_2-U_3O_8-UO_3 de solutions solides et de composés intermédiaires rend difficile l'explication complète des faits décrits dans des travaux récents [1], [2], [3], [4], [5], bien que les conclusions soient généralement concordantes, à savoir que :

1° l'oxyde UO_2 fixe de l'oxygène jusqu'à atteindre la composition $UO_{2,34}$ en même temps que deux phénomènes d'apparence contradictoire se produisent simultanément : augmentation de la densité et contraction du réseau de UO_2 qui est cubique à faces centrées;

2° au delà de $UO_{2,34}$ la fixation d'oxygène provoque l'apparition d'une phase quadratique dont le domaine d'existence ne semble pas dépasser $UO_{2,50}$;

3° la phase orthorhombique comprenant U_3O_8 s'étend de $UO_{2,5}$ à UO_3 [6].

La caractéristique de notre travail réside dans la préparation, par chauffages et trempes à l'aide de la thermobalance de Chévenard, d'une gamme de produits de compositions connues et échelonnées au lieu de recourir à des réactions diverses (chauffages de mélanges d'oxydes à des températures variables de 1000 à 2000°, décomposition de UO_2Cl_2, action de CO_3HK sur U_3O_8, etc.).

(1) Gronvold et Haraldsen, *Nature*, 162, 1948, p. 69.
(2) Rundle et Wilson, *J. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 99.
(3) Jolibois, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1935.
(4) Boullé, Dominé-Bergès, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1365; 228, 1949, p. 72.
(5) Lyden, *Einska Kemistasamf. Medd.*, 48, 1939, p. 124.
(6) W. H. Zachariasen, *Acta Cryst.*, 1, 1948, p. 266.

Les spectres X (emploi du rayonnement monochromatique K_α du cuivre) ont été réalisés pour tous les produits préparés qui correspondent :

a. à l'oxydation de UO_2 à U_3O_8 à $20° \leqq t \leqq 330°$;

b. à la désoxydation de UO_3 à U_3O_8 à $500° \leqq t \leqq 620°$ déjà étudiée ([4]).

De plus nous avons fait appel pour l'interprétation de l'ensemble des résultats antérieurs et de ceux qui font l'objet de la présente Note, aux notions nouvelles développées par MM. Chaudron et Faivre ([7]) et relatives aux solutions solides douées de pseudo-symétrie. D'après ces auteurs, lorsque la composition de la solution solide varie d'une manière continue, le réseau cristallin subit une déformation anisotrope (exemple : cube → prisme quadratique) entraînant un abaissement du degré de symétrie; l'écart du réseau réel (quadratique pseudo-cubique par exemple) au réseau idéal (cubique), peut être évalué par la mesure de paramètres convenablement choisis ([8]); cet écart se traduit par une déformation des spectres Debye-Scherrer, telle que certaines raies se décomposent en un nombre prévisible de composantes dont les écarts et les intensités relatives sont également prévisibles ([9]).

Appliquées aux oxydes d'uranium étudiés, ces notions nous permettent d'énoncer les conclusions suivantes :

1° L'introduction d'oxygène dans le réseau cubique à faces centrées caractérisant UO_2 provoque l'apparition d'une phase quadratique pseudo-cubique qui subsiste jusqu'à la composition $UO_{2,5}$. Cette phase est mise en évidence par le dédoublement de certaines raies du réseau UO_2; pour un même doublet l'écart des raies varie avec la composition de la phase.

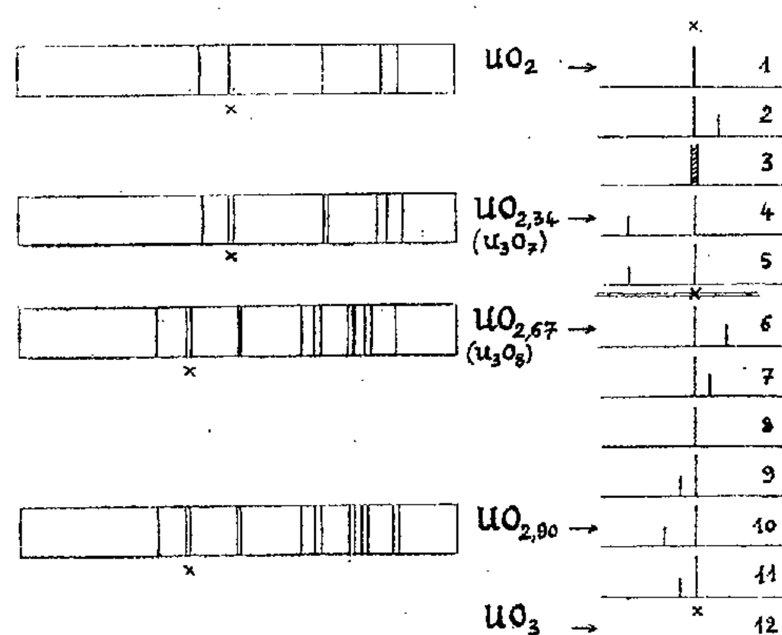


Fig. 1. Fig. 2.

Nous donnons une représentation schématique des principaux spectres étudiés (*fig.* 1) et celle d'un des doublets (*fig.* 2) dont les composantes se

(7) CHAUDRON et FAIVRE, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 903.

(8) FAIVRE, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1254; *Bull. Soc. Fr. Minéral*, 1949 (sous presse).

(9) FAIVRE, KATZ et SIRAMY, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 282.

distinguent nettement en position et en intensité (représentée approximativement par la hauteur du trait).

Le dédoublement des raies est visible dès le début de l'oxydation de UO_2; il s'amplifie, passe par un maximum, puis s'atténue jusqu'à la composition $UO_{2,30}$ pour laquelle on a un spectre à raies floues (*fig.* 2; 1, 2, 3). On observe alors un brusque et nouveau dédoublement, mais avec un écart des raies en sens inverse du précédent. Le spectre caractérise en particulier le composé intermédiaire $U_3O_7(UO_{2,33})$ isolé par M. Jolibois; ce composé peut à son tour fixer de l'oxygène sans déformation du réseau jusqu'à la teneur $UO_{2,50}$ pour laquelle on assiste à une brusque transformation (confirmée par l'analyse thermique) du réseau quadratique en réseau orthorhombique caractéristique du domaine avoisinant $U_3O_8(UO_{2,66})$ (*fig.* 2; 4, 5, 6).

2° Dans le domaine de composition $UO_{2,50}$ à UO_3 on n'observe en effet qu'une phase orthorhombique qui présente, par rapport à une structure hexagonale, un écart faible variant d'une manière continue (définition d'une pseudosymétrie). Cet écart s'annule en changeant de sens (composition voisine de $UO_{2,75}$), passe par un maximum [composition voisine de $UO_{2,9}$ [10]], puis décroît, en même temps que l'intensité des raies diminue; on sait en effet que les interférences deviennent de moins en moins visibles au fur et à mesure que la composition se rapproche de UO_3 qui, dans ces conditions, est un produit amorphe (*fig.*2; 6 à 12).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude et synthèse de quelques amino-2 cyclanols et de quelques amino-2 halogéno-1 cyclanes.* Note (*) de MM. **Max Mousseron** et **Robert Jacquier**, présentée par M. Marcel Delépine.

1° *Amino-2 cyclanols.* — *Amino-2 cyclohexanol* trans. — L'ester éthylique $É_{15}$ 110° de l'acide cyclohexanol-2 carboxylique *trans* F 111° [1] donne l'hydrazide *trans* F 208° (C_2H_5OH). L'isocyano-2 cyclohexanol provenant de sa diazotation conduit au méthylalcyclopentane (sem. carb. F 125°) lorsqu'on cherche à l'isoler de sa solution éthérée. Cette dernière, traitée par l'alcool, donne l'uréthane F 105°, qui s'hydrolyse par ClH en amino-2 cyclohexanol *trans* F 68° [2].

Amino-2 cyclohexanol cis. — La réduction catalytique du salicylate de méthyle [3] conduit à un mélange d'esters hexahydrosalicyliques $É_{35}$ 127-131°

---

[10] $UO_{2,9}$ = solution solide mise en évidence lors de la décomposition de UO_3 et stable de 520° à 610° [4].

(*) Séance du 11 juillet 1949.

[1] Mousseron, Jullien et Winternitz, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 15, 1948, p. 878.

[2] Mousseron et Granger, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 14, 1947, p. 850.

[3] Marshall, Kuck et Elderfield, *J. Org. Chem.*, 7, 1942, p. 444.

où prédomine l'isomère *cis* (hydrazide F 119-120°). L'ester isocyanique obtenu par diazotation de l'hydrazide donne immédiatement l'urée symétrique F 55° (C_6H_6) hydrolysée par ClH en amino-2 cyclohexanol *cis* F 107-108°, chlorhydrate F 185°, dérivé N-acétylé F 147°, donnant un complexe cuivrique (²). Mc Casland, Clark et Carter (⁴), qui l'ont récemment obtenu par réduction catalytique de l'*o*-acétaminophénol, indiquent pour la base F 72°; les deux autres dérivés sont identiques.

Sa désamination nitreuse donne du méthylalcyclopentane à côté de très faibles quantités de diol (⁵).

Amino-2 cyclopentanol cis. — La réduction catalytique de la carbéthoxy-2 cyclopentanone donne le carbéthoxy-2 cyclopentanol *cis* (⁶) $É_7$ 100° à côté d'un produit $É_7$ 175-185° dérivant vraisemblablement d'une autoalcoolyse du produit précédent. L'ester isocyanique provenant de la diazotation de l'hydrazide *cis* F 153-154° (CH_3OH) donne l'urée symétrique F 90° (C_6H_6) hydrolysable en tube scellé par ClH en amino-2 cyclopentanol *cis* $É_{15}$ 188-189°, donnant un complexe cuivrique (²). Dosage : $0^g,054$ de chlorhydrate F 118-119°, en solution légèrement alcaline; sulfate de cuivre à 1 % ajouté jusqu'à début de précipitation : $4^{cm^3},8$ correspondant à $0^g,053$.

Sa désamination nitreuse donne de la cyclopentanone (sem. carb. F 215°) à côté du cyclopentanediol-1.2 *cis* (combinaison acétonique) (⁵).

2° *Amino-2 halogéno-1 cyclanes.* — *Amino-2 chloro-1 cyclohexane* cis. — Déjà obtenu par action de PCl_5 sur le chlorhydrate de l'amino-2 cyclohexanol *trans* (⁷), il est également isolé en partant de l'isomère *cis*. Contrairement aux résultats des chimistes américains (⁴), il est très facilement déshalogéné par l'oxyde ou le nitrate d'argent en cyclohexanone et en amino-2 cyclohexanol *trans* (⁸).

Amino-2 iodo-1 cyclohexane trans. — Il est préparé par action de l'iode et du cyanate d'argent sur le cyclohexène, suivie d'une hydrolyse chlorhydrique de l'ester isocyanique intermédiairement formé (⁹). Contrairement aux indications de Birckenbach (⁹), sa déshalogénation argentique donne le méthylalcyclopentane à côté de l'amino-2 cyclohexanol *trans*. Sa désamination nitreuse conduit à l'iodo-2 cyclohexanol *trans* F 40° (¹⁰).

(⁴) *J. Am. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 637.

(⁵) Comparer avec l'isomère *trans*, GODCHOT et MOUSSERON, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 837.

(⁶) BOESEKEN, SLOOFF, HOEFFELMAN et HIRSCH, *Rec. Trav. Chim. P. B.*, 52, 1933, p. 881.

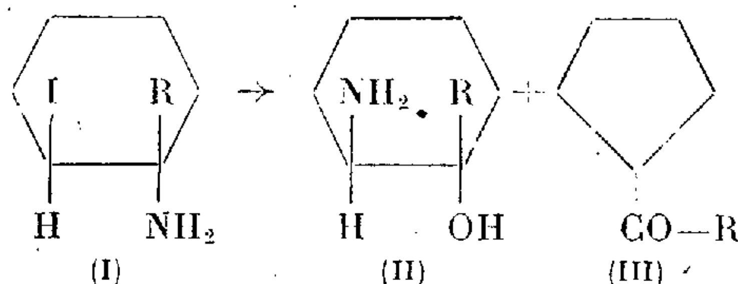
(⁷) OSTERBERG et KENDALL, *J. Am. Chem. Soc.*, 42, 1920, p. 2616.

(⁸) GODCHOT et MOUSSERON, *Bull. Soc. Chim.*, 4ᵉ série, 51, 1932, p. 1282; MOUSSERON et WINTERNITZ, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 701.

(⁹) BIRCKENBACH et LINHARD, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 64, 1931, p. 961.

(¹⁰) WINSTEIN, GRUNWALD, BUCKLES et HANSON, *J. Am. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 816.

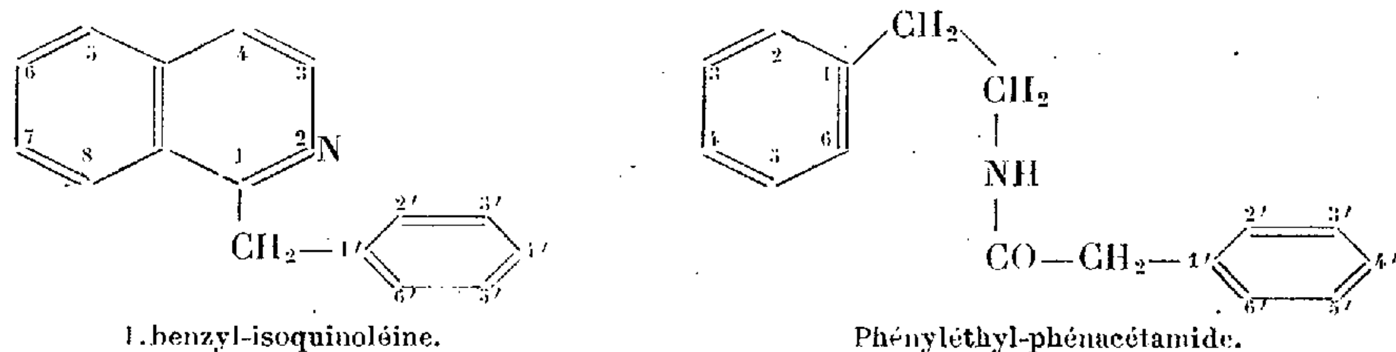
Alcoyl-2 amino-2 iodo-1 cyclohexanes trans. — Les composés (I, $R = CH_3$), $É_1$ 94° et (I, $R = C_2H_5$), $É_1$ 105°, chlorhydrate F 175-180° (déc.) ont été obtenus d'une façon identique en partant respectivement du méthyl-1 et de l'éthyl-1 cyclohexène. Leur déshalogénation argentique conduit d'une part aux alcoyl-1 amino-2 cyclohexanols *trans* (II, $R = CH_3$) F 98-99° (éther) et (II, $R = C_2H_5$), $É_{18}$ 125°, chlorhydrate F 135-136° ([4]), probablement avec passage intermédiaire par une forme épamine, et d'autre part aux cétones cyclopentaniques (III, $R = CH_3$) sem. carb. F 145-146° et (III, $R = C_2H_5$) sem. carb. F 132-133°.



Méthyl-1 iodo-3 amino-4 (ou iodo-4 amino-3) cyclohexane. Obtenu à partir du méthyl-1 cyclohexène-3 : $É_1$ 95-97°. Déshalogéné par NO_3Ag en méthyl-1 méthylal-3 cyclopentane (semi-carbazone F 131°) ([11]) et en méthyl-1 amino-4 cyclohexanol-3 (tartrate acide *d*, F 129-130°) ([2]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouveaux homologues de la Papavérine.* Note de M. **Georges Tsatsas**, présentée par M. Marcel Delépine.

Récemment, nous avons préparé ([1]) un isomère de la Papavérine, la 1-(2'3'-diméthoxybenzyl) 5.6-diméthoxy-isoquinoléine, possédant des propriétés spasmolytiques identiques à celles de la Papavérine, mais moins toxique. Dans la présente Note, nous exposerons brièvement la synthèse des composés suivants : 1-(2'3'-diméthoxybenzyl) 6.7-diméthoxy-isoquinoléine (I) 1-(2'.3' diméthonybenzyl) 5.6 diéthoxy-isoquinoléine (II) et 1-(3'4'-diméthoxybenzyl) 5.6-diéthoxy-isoquinoléine (III). Les corps que nous allons décrire dérivent par diverses substitutions des deux schémas numérotés ci-dessous :



1.benzyl-isoquinoléine. Phényléthyl-phénacétamide.

([11]) Mousseron et Granger, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 14, 1947, p. 462.

([1]) G. Tsatsas, *Ann. Pharmac. Fr.*, 1949 (sous presse).

Nous avons préparé la 1-(2'.3'-diméthoxybenzyl) 6.7-diméthoxyisoquinoléine (F 105°) (I) par déshydrogénation au moyen de palladium de la 1-(2'.3'-diméthoxybenzyl) 6.7-diméthoxy 3.4-dihydroisoquinoléine, préparée dans un autre but par Späth (²) et dont nous avons effectué la synthèse en cyclisant par l'oxychlorure de phosphore l'homo-*o*-vératroyl-homovératrylamine. Nous sommes arrivé au même résultat en cyclisant le β-(2.3-diméthoxyphényl)-β-méthoxyéthyl-2.3-diméthoxyphénacétamide.

Pour préparer les bases (II) et (III) nous nous sommes servi de la β-(2.3-diéthoxyphényl) éthylamine ou de la β-(2.3-diéthoxyphényl)-β-hydroxyéthylamine, ainsi que des acides homovératrylique et homo-*o*-vératrylique. La matière première qui a servi pour la préparation des amines est le 2-hydroxy 3-éthoxybenzaldéhyde qui, par éthylation, se transforme en 2.3-diéthoxybenzaldéhyde. Ce dernier se combine au nitrométhane en présence de benzylamine pour donner avec un excellent rendement le 2.3-diéthoxy ω-nitrostyrolène (F 76°) (IV). Par contre, la combinaison du 2.3-diéthoxybenzaldéhyde avec le nitrométhane en présence de potasse, suivie d'une précipitation dans l'acide acétique aqueux à 50 % a fourni le β-(2.3-diéthoxyphényl) β-hydroxy-*a*-nitroéthane (F 98°) (V). Rdt 92,8 %. Le corps (IV) a été réduit en β-(2.3-diéthoxyphényl) éthylamine (E_{13} 152-153°) (VI) par le zinc amalgamé dans l'acide chlorhydrique (Rdt 66,5 %), tandis que le nitro-alcool (V) a été transformé en β-(2.3-diéthoxyphényl) β-hydroxy-éthylamine (VII) au moyen de limaille de fer dans l'acide sulfurique (chlorhydrate F 192°, Rdt 85,2 %).

Par chauffage à 180° en présence de décaline de l'amine (VI) avec l'acide 2.3-diméthoxyphénylacétique, nous avons obtenu le 2.3-diéthoxyphényléthyl 2'.3'-diméthoxyphénacétamide (VIII) (F 85°), Rdt 78 %. Par la même méthode, nous avons obtenu le 2.3-diéthoxyphényléthyl 3'.4'-diméthoxyphénacétamide (IX) à partir de la même amine (VI) et de l'acide 3.4-diméthoxyphénylacétique (F 91°), Rdt 91,3 %.

Le 2.3-diéthoxyphényl-hydroxéthyl 2'.3'-diméthoxyphénacétamide (X) a été obtenu par la méthode de Schotten-Baumann à partir de l'amine (VI) et du chlorure de 2.3-diméthoxyphénylacétyle (produit huileux, Rdt 75 %). De même, le 2.3-diéthoxyphényl-hydroxéthyl 3'.4'-diméthoxyphénacétamide (XI) à partir de l'amine (VI) et du chlorure de 3.4-diméthoxyphénylacétyle (produit huileux, Rdt 87,6 %).

La 1-(2'.3'-diméthoxybenzyl) 5.6-diéthoxy 3.4-dihydroisoquinoléine (XII) a été obtenue par cyclisation de l'amide (VIII) au moyen d'oxychlorure de phosphore en présence de xylène, petits cristaux, F 98°,5, Rdt 94,2 %. Ce corps a été déshydrogéné en 1-(2'.3'-diméthoxybenzyl) 5.6-diéthoxy-isoquinoléine (II) par le palladium par chauffage à l'ébullition dans la tétraline (F 117°), Rdt 90 %. Le même résultat a été obtenu par cyclisation par la même

(²) SPÄTH et MOSETTIG, *Lieb. Ann.*, 433, 1923, p. 146.

méthode à partir de (X), Rdt 73,2 %. Le mélange des deux corps fond également à 117°. Ils sont donc identiques. Mais, tandis que le corps (XI) se cyclise normalement par l'oxychlorure de phosphore pour donner la base benzylisoquinoléique, la 1-(3'.4'-diméthoxybenzyl) 5.6-diéthoxyisoquinoléine (F 105°) (Rdt 60 %) (III), par contre, la cyclisation du 2.3-diéthoxyphényléthyl 3'.4'-diméthoxyphénacétamide (IX), soit par l'oxychlorure de phosphore à l'ébullition dans le xylène, soit par le pentachlorure de phosphore dans le chloroforme et à froid, ne conduit pas au composé benzylé, mais au dérivé benzoylé, la 1-(3'.4'-diméthoxybenzoyl) 5.6-diéthoxy 3.4-dihydro-isoquinoléine (F 105-106°) (XII), Rdt 87,9 %. Ce dernier corps (XII) est déshydrogéné en 1-(3'.4'-diméthoxybenzoyl) 5.6-diéthoxy-isoquinoléine (XIII), soit par chauffage dans la tétraline en présence de palladium, soit par chauffage à l'ébullition avec une solution saturée de potasse méthylique (F 139°).

Ce même corps benzoylé (XIII) a été aussi obtenu par oxydation, au moyen d'oxyde de sélénium, de la 1-(3'-4'-diméthoxybenzyl) 5.6-diéthoxy-isoquinoléine (III) (corps obtenu F 139°). Le produit benzylé a été ainsi oxydé en produit benzoylé. Le mélange des deux échantillons (F 139°) préparés par des voies différentes, ne présente aucun abaissement du point de fusion.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Diaza-1.3 anthracènes ou benzoquinazolines linéaires*. Note de MM. **André Étienne** et **Maurice Legrand**, transmise par M. Charles Dufraisse.

On sait que le remplacement d'un benzo latéral de l'anthracène par un hétérocycle doué du caractère aromatique, tel que la pyridine, modifie peu les propriétés photochimiques des nouvelles molécules acéniques résultantes, les azanthracènes α et β [1]. Nous avons voulu voir ce qu'il adviendrait de ces propriétés en remplaçant, cette fois, un benzo latéral de l'anthracène par un noyau pyrimidique. Cela nous conduit aux benzologues linéaires de la quinazoline, les diaza-1.3 anthracènes ou benzo-6.7 quinazolines, corps dont l'étude n'avait jamais été entreprise. Le but de cette Note est d'indiquer, entre autres, par quelle voie nous avons pu obtenir la benzoquinazoline linéaire, l'étude des propriétés photochimiques devant paraître ultérieurement.

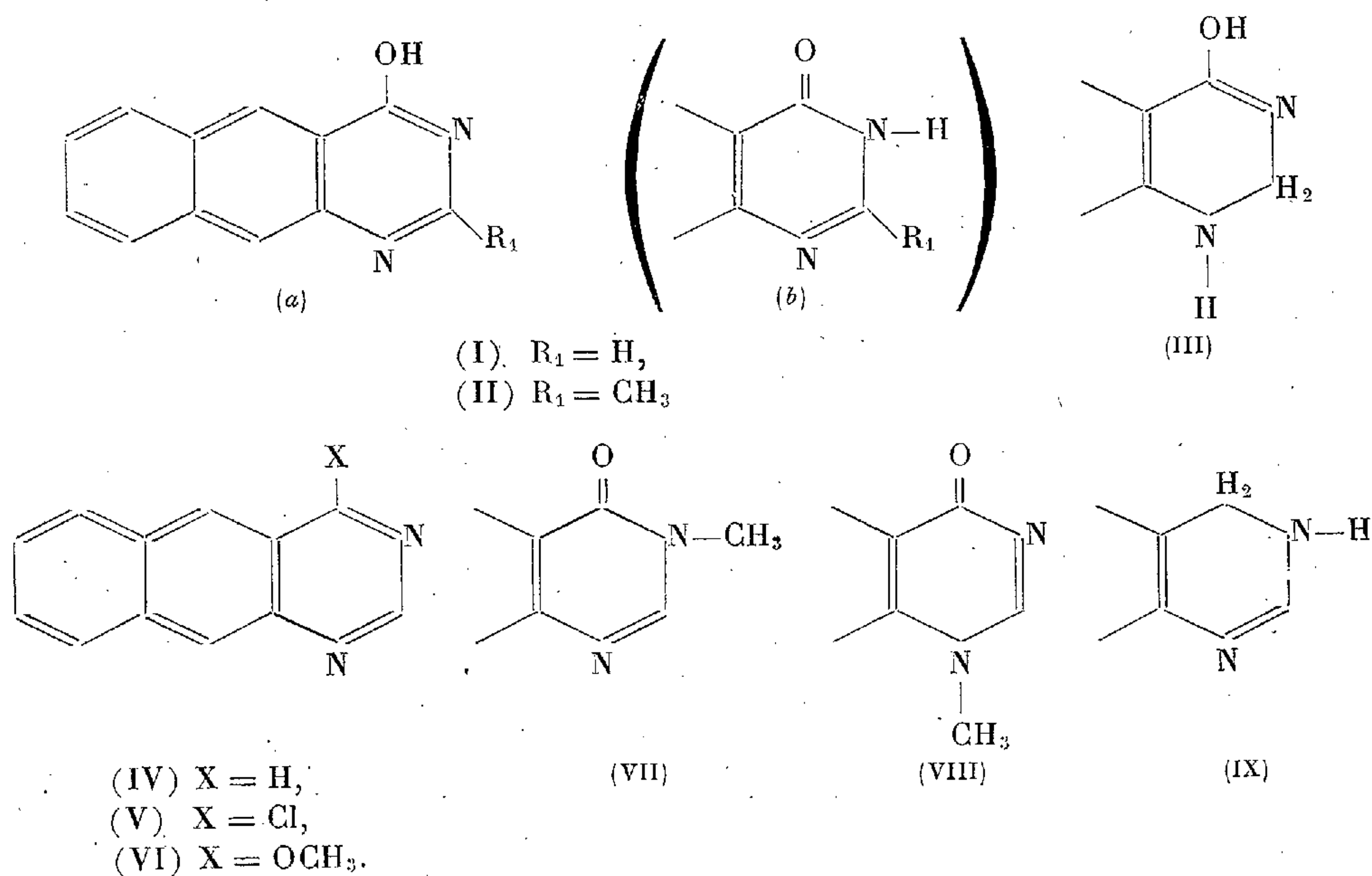
Le chauffage à 120-130° de l'acide amino-2 naphtoïque-3 avec la formamide donne, suivant la technique de Niemetowsky [2] (utilisée pour préparer le benzologue inférieur, la quinazoline, à partir de l'acide anthranilique), l'hydroxy-4 benzo-6.7 quinazoline (I), $C_{12}H_8N_2O$, cristaux incolores, F_{inst} 278°, solubles dans les alcalis. Ce corps paraît susceptible de réagir

(1) A. Etienne, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 694; **218**, 1944, p. 841; A. Etienne et J. Robert, *Ibid.*, **223**, 1946, 331.

(2) St. Niemetowsky, *J. prak. Chem.*, 2e série, **51**, 1895, p. 566.

suivant la forme oxhydryle (I*a*), ou suivant la forme cétonique tautomère (I*b*) comme le montrent les réactions décrites ci-dessous.

L'hydrure de lithium et d'aluminium n'attaque, à froid, que la double liaison en 1.2 pour donner la dihydro-1.2 hydroxy-4 benzo-6.7 quinazoline (III), $C_{12}H_{10}ON_2$, cristaux jaune vert, F_{inst} 269-272°.



La méthylation par le sulfate ou l'iodure de méthyle, à froid en milieu alcalin, aboutit à un mélange de deux corps, de même composition centésimale, $C_{13}H_{10}ON_2$. L'un des isomères présente le phénomène de dimorphisme; ainsi par cristallisation, on obtient des aiguilles cotonneuses incolores (sans solvatation), dont il est difficile de prendre le point de fusion exact, qui se transforment vers 170° en gros prismes incolores, F_{inst} 189°; par cristallisation de cette forme on revient à la variété en aiguilles. Le deuxième isomère ne présente pas d'anomalie du même genre; cristaux jaune pâle, F_{inst} 255°. Nous supposons que ces deux corps correspondent aux deux dérivés méthylés respectivement sur chacun des deux atomes d'azote, les méthyl-1 et méthyl-3 benzo-6.7 quinazolines (VII et VIII) ([3]). Ces structures sont données sous toutes réserves; elles seront confirmées ou infirmées par une étude à part.

Le remplacement de l'oxhydryle de l'hydroxy-4 benzo-6.7 quinazoline (I) par un atome de chlore a lieu, le plus facilement, par $POCl_3$ au reflux du chlorobenzène; on obtient ainsi la chloro-4 benzo-6.7 quinazoline (V), $C_{12}H_7N_2Cl$, cristaux jaunes, F_{inst} 179°. Ce corps redonne facilement le produit

---

([3]) Des formules mésomères ioniques à structure anthracénique, que nous n'avons pas transcrites, sont encore à envisager.

initial par hydrolyse à froid, rapidement en milieu acide et très lentement en milieu alcalin. Traité par le méthylate de sodium à froid ou par le méthanol absolu au reflux en présence de CO_3Na_2, il donne la méthoxy-4 benzo-6.7 quinazoline (VI), $C_{13}H_{10}ON_2$, isomère des dérivés méthylés décrits ci-dessus, cristaux jaunes, F_{inst} 120°.

Si la chloruration du corps initial (I) a lieu avec un excès de PCl_5 dans le chlorobenzène, on obtient un dérivé dichloré dont l'un des atomes de chlore a remplacé l'oxhydryle du produit initial, mais dont l'autre se trouve dans une position encore inconnue. Ce corps, la dichloro-4.x benzo-6.7 quinazoline, $C_{12}H_6N_2Cl_2$, cristaux jaune d'or, F_{inst} 192°, subit très facilement une hydrolyse partielle, surtout en présence de traces d'acide, avec attaque vraisemblable du chlore dans la position 4, le plus réactif; on obtient ainsi l'hydroxy-4 chloro-x benzo-6.7 quinazoline, $C_{12}H_7ON_2Cl$, cristaux jaune pâle à fluorescence verdâtre, F_{inst} 329°.

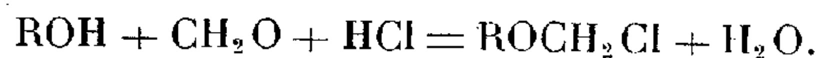
La déchloration de la chloro-4 benzo-6.7 quinazoline (V) se fait par hydrogénation en présence de palladium sur carbonate de calcium; on obtient d'abord la dihydrobenzoquinazoline, $C_{12}H_{10}N_2$ (IX), cristaux incolores, F_{inst} 196°. L'emploi du nickel Raney ne donne pas de bons résultats même en utilisant une grande quantité de catalyseur dans le dioxane en présence d'acétate de potassium pour neutraliser l'acide chlorhydrique formé. Le dihydrure (IX), oxydé à froid, par une solution alcaline de ferricyanure de potassium ou par la litharge à sec à 120°, donne la benzo-6.7 quinazoline (IV), $C_{12}H_8N_2$, cristaux jaunes, F_{inst} 160°.

L'étude des propriétés photochimiques de ces corps est en cours.

Signalons, pour mémoire, que la condensation de l'acide amino-2 naphtoïque-3 avec l'acétamide donne, à 175°, la méthyl-2 hydroxy-4 benzo-6.7 quinazoline (II), cristaux incolores, F_{inst} 320°. Par contre, dans les mêmes conditions la benzamide ne paraît pas réagir.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Éthers chlorométhyliques des butyne-butène et butane-diols-1.4*. Note de MM. **Gilles Lefebvre**, **Georges Dupont** et **Raymond Dulou**, transmise par M. Charles Dufraisse.

On sait depuis les travaux de Henry [1] que l'acide chlorhydrique agissant sur un mélange d'alcool et de formaldéhyde conduit à un éther chlorométhylique suivant la réaction



$$ROH + CH_2O + HCl = ROCH_2Cl + H_2O.$$

Récemment, Lichtenberger et Martin [2] ont étudié systématiquement

---

(1) Henry, *Ber. d. Chem. Ges.*, **26**, 1893, Réf. 933.

(2) Lichtenberger et Martin, *Bull. Soc. Chim.*, 1947, p. 468-476.

l'extension de cette réaction à quelques polyols. Ils ont montré que le nombre des hydroxyles n'est pas un obstacle à la formation d'éthers chlorométhyliques, mais que la nature du polyol et la position des hydroxyles influent sur le rendement en permettant des réactions secondaires et particulièrement la formation de formals cycliques.

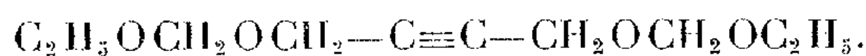
La littérature ne mentionnant pas d'éthers chlorométhyliques de glycols non saturés, nous avons appliqué cette réaction au butyne-2 diol-1.4, dans l'espoir de trouver grâce à la mobilité prévisible de son atome d'halogène, par suite de la présence de la triple liaison, le point de départ de synthèses intéressantes. Puis nous avons soumis à la même réaction les produits d'hydrogénation du butyne-diol-1.4.

Contrairement à cet espoir cependant, les éthers chlorométhyliques obtenus à partir des butyne, butène et butane-diols-1.4, n'ont pas présenté de différences notables dans leurs propriétés.

Les rendements obtenus dans les mêmes conditions, avec du formol à 30 %, sont de 62 % dans le cas des butyne et butène-diols, et de 67 % dans celui du butane-diol-1.4.

Les trois éthers obtenus sont très sensibles à l'humidité, ils fument à l'air et brunissent rapidement. Cependant, la sensibilité de l'éthylénique semble plus forte que celle de l'acétylénique et du saturé.

Dans ce premier travail, nous signalerons l'action des trois éthers chlorométhyliques ci-dessus sur l'éthylate de sodium; réaction qui conduit aux diacétals mixtes correspondants. Par exemple, avec le butyne-diol-1.4, on obtient



$$C_2H_5OCH_2OCH_2-C\equiv C-CH_2OCH_2OC_2H_5.$$

Le rendement est de 50 % environ dans les trois cas sans différences notables dans le comportement de la réaction.

1. *Préparation des éthers chlorométhyliques.* — Une molécule de glycol et 250^g de formol à 30 % (ou 60^g de trioxyméthylène) sont traités par un courant d'acide chlorhydrique sec. La masse est refroidie par un bain glacé. Lorsque le mélange est saturé d'acide chlorhydrique, on récolte une couche inférieure liquide que l'on sèche sur chlorure de calcium et distille sous vide. On recueille dans les trois cas des liquides incolores, fumant à l'air, et s'hydrolysant rapidement en présence d'eau. Les constantes physiques et les analyses obtenues sont

Ether dichlorométhylique du butyne 2 diol 1-4 : É sous 12^{mm} 122-124°, d_{20} 1,266, n_D^{20} 1,491.

(%).	C.	H.	Cl.
Analyse	39,67	4,99	38,68
Calculé	39,34	4,37	38,79

Éther dichlorométhylique du butène 2 diol 1-4 : É sous 16mm 123-125°, d_{20} 1,225, n_D^{20} 1,482.

(%).	C.	H.	Cl.
Analyse	39,39	6,03	33,65
Calculé	38,91	5,40	38,37

Éther dichlorométhylique du butane-diol 1-4 : E_{15} 117-120°, d_{20} 1,192, n_D^{20} 1,465.

(%).	C.	H.	Cl.
Analyse	38,79	6,63	37,96
Calculé	38,50	6,41	37,95

2. *Action sur l'éthylate de sodium.* — 27g d'éther chlorométhylique dissous dans 50cm³ d'éther anhydre sont ajoutés au produit de réaction de 7g,4 de sodium sur 100cm³ d'alcool absolu. On termine en chauffant une heure au bain-marie. La solution alcoolique est filtrée, concentrée et reprise à l'éther, enfin lavée à l'eau, séchée sur sulfate de sodium et distillée. Rendement : 15g de diacétal (50 %) :

—$C_2H_5OCH_2OCH_2—C{\equiv}C—CH_2OCH_2OC_2H_5$ liquide incolore. $É_{16}$ 131-134°, d_{20} 0,997, n_D^{20} 1,439.

(%).	C.	H.
Analyse	59,10	9,30
Calculé	59,40	8,91

—$C_2H_5OCH_2OCH_2—CH{=}CH—CH_2OCH_2OC_2H_5$, liquide incolore. $É_{16}$ 118-119, d_{20} 0,956, n_D^{20} 1,427

(%).	C.	H.
Analyse	58,64	10,20
Calculé	58,82	9,80

—$C_2H_5OCH_2OCH_2—CH_2—CH_2—CH_2OCH_2OC_2H_5$, liquide incolore. $É_{16}$ 116-118°, d_{20} 0,946, n_D^{20} 1,418

(%).	C.	H.
Analyse	57,88	10,70
Calculé	58,25	10,67

CHIMIE ORGANIQUE. — *Le formyl-2 diphényl-9.10 anthracène.* Note de M. **Roger-Gilbert Douris**, transmise par M. Charles Dufraisse.

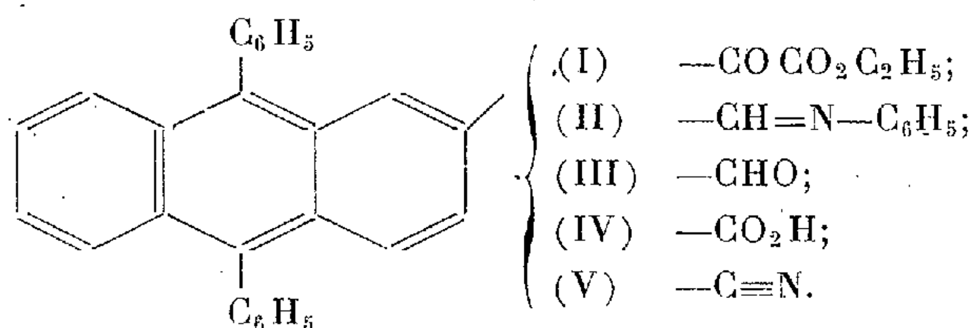
En vue d'études concernant le phénomène de photooxydation, nous avons entrepris la préparation d'un aldéhyde anthracénique.

Parmi les nombreuses méthodes d'obtention des aldéhydes, nous avons choisi celle de Bouveault qui nécessite la synthèse d'un certain nombre d'intermédiaires éventuellement photooxydables.

On condense le mésodiphényl anthracène avec le chlorure d'éthoxalyle par agitation à froid pendant deux heures en présence de chlorure d'aluminium anhydre et de monochlorobenzène. Le diphényl anthracène glyoxylate d'éthyle obtenu (I) est un composé de couleur jaune, recristallisable dans l'acétate d'éthyle ($C_{30}H_{22}O_3$, F_{inst} 135°).

Par saponification de cet ester, on obtient le sel de sodium correspondant, $C_{28}H_{17}O_3Na$, qu'un traitement acide en présence d'éther transforme en acide diphényl anthracène glyoxylique $C_{28}H_{18}O_3$. Le sel de sodium est un produit jaune d'or, cristallisable dans l'alcool, hygroscopique. L'acide recristallisé dans l'éther se présente en paillettes jaunes retenant du solvant. Par désolvatation à 110° sous vide, sa couleur devient rouge orangé (F_{inst} 156°). Cependant, il faut noter que, aussi bien dans le cas du sel de sodium que de l'acide, les analyses ne sont pas parfaitement satisfaisantes, les écarts étant peut-être dus à des phénomènes d'hydratation que nous cherchons à mettre en évidence.

L'acide diphénylanthracène glyoxylique chauffé à 150-160° en présence d'aniline perd de l'eau et du gaz carbonique en se transformant en anilide du formyldiphénylanthracène, aiguilles jaune clair recristallisant dans le benzène (II)($C_{33}H_{23}N$ — F_{inst}214°)



Le traitement de cet anilide au bain-marie par l'acide sulfurique à 25 % donne le formyldiphénylanthracène (III) qu'on obtient ainsi avec un rendement global de 35 % par rapport au diphénylanthracène employé.

Le formyldiphénylanthracène est un corps cristallisé en tables jaunes, peu soluble dans l'alcool, présentant une fluorescence bleue assez intense en solution sulfocarbonique, recristallisable dans le benzène ($C_{27}H_{18}O$ — F_{inst}228°).

La position du groupement aldéhydique a été fixée par oxydation acétochromique, soit de l'acide diphénylanthracène glyoxylique, soit du formyl diphénylanthracène lui-même. Dans les deux cas, on obtient après réduction du diquinol intermédiairement formé, l'acide diphényl-9.10 anthracène carboxylique-2 (IV) qu'on identifie par son ester méthylique. Ces corps ont été préparés par L. Velluz ([1]) à l'aide d'une autre méthode et nous avons comparé les échantillons.

Nous avons également préparé par action de la phénylhydrazine en milieu acétique, la phénylhydrazone de l'ester éthylique de l'acide diphényl-9.10 anthracène glyoxylique-2 ($C_{36}H_{28}O_2N_2$ — F_{inst} 232°) et la phénylhydrazone du formyl-2 diphényl-9.10 anthracène ($C_{33}H_{24}N_2$ — F_{inst} 287°).

Enfin, par action du chlorhydrate d'hydroxylamine en milieu pyridiné nous avons obtenu l'oxime du formyl-2 diphenyl-9.10 anthracène qui retient

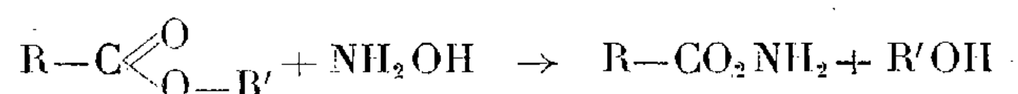
([1]) M. et Mme L. Velluz, *Bull. Soc. Chim. France*, 5e série, 5, 1938, p. 192.

fortement le benzène servant à sa recristallisation ($C_{27}H_{19}ON$ — F_{inst} après désolvatation 199°).

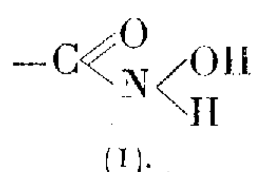
Cette oxime traitée à l'ébullition par l'anhydride acétique, se déshydrate en donnant le nitrile correspondant, cyano-2 diphényl-9.10 anthracène (V), composé de couleur crème, recristallisable dans l'acide acétique ($C_{27}H_{17}N$ F_{inst} 204°).

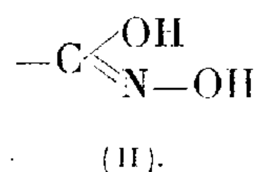
CHIMIE ORGANIQUE. — *Acides aldonhydroxamiques.* Note de M. **Ferdinand Mathis**, présentée par M. Richard Fosse.

L'hydroxylamine agit sur les esters des acides carboxyliques pour donner des acides hydroxamiques :



La structure du groupe CO_2NH_2 a fait l'objet de nombreux travaux, et il semble bien qu'il faille recourir, pour interpréter certains faits d'isomérie, tantôt au schéma N-hydroxyamide (I), tantôt au schéma C-hydroxyoxime (II)





Peut-être serait il fructueux d'aborder le problème en étudiant des acides hydroxamiques actifs sur la lumière polarisée. Certains de ceux-ci ont été préparés, par exemple l'acide *d*-benzylméthylacétohydroxamique de Jones et Wallis (1).

Le présent travail concerne les acides hydroxamiques correspondant aux acides aldoniques. Ces corps ne semblent pas avoir été décrits; d'une manière générale, on ne connaît qu'un nombre relativement restreint d'acides hydroxamiques à fonction alcool.

Préparation. — On dissout dans le méthanol la lactone aldonique (ou l'ester méthylique ou éthylique) et l'on ajoute un léger excès d'une solution d'hydroxylamine dans le méthanol. La réaction commence aussitôt, et le milieu donne avec le chlorure ferrique la coloration rouge caractéristique des acides hydroxamiques. Si l'on opère à froid, l'acide hydroxamique précipite alors très rapidement. Il est préférable de tiédir le mélange au bain-marie, puis de l'abandonner au refroidissement. L'acide hydroxamique se dépose alors plus lentement, formant des cristaux souvent très beaux.

Nous avons préparé et identifié les composés suivants :

(1) Jones et Wallis, *J. Amer. Chem. Soc.*, 48, 1926, p. 169.

Dérivés de la forme $CH_2OH-(CHOH)_4-CO_2NH_2$.

	F.
Acide *d*-gluconhydroxamique	138–140°
» *d*-galactonhydroxamique	149–152
» *d*-mannonhydroxamique	148–149

Dérivé de la forme $CH_3-(CHOH)_4-CO_2NH_2$.

Acide *l*-rhamnonhydroxamique	129

Dérivés de la forme $CH_2OH-(CHOH)_3-CO_2NH_2$.

Acide *l*-arabonhydroxamique	150
» *l*-ribonhydroxamique	133–136

Nous n'avons pu obtenir jusqu'ici l'acide *d*-xylonhydroxamique cristallisé.

Propriétés. — Les acides aldonhydroxamiques se présentent en cristaux incolores, solubles dans l'eau, peu solubles dans l'éthanol et le méthanol (sauf l'acide rhamnonhydroxamique, assez soluble dans les deux alcools). Ils peuvent être purifiés par recristallisation dans l'alcool dilué. Ils fondent à une température mal définie, avec décomposition et dégagement de gaz.

Ils donnent avec le chlorure ferrique une coloration brun rouge très intense.

Nous avons examiné l'action de l'acide *d*-gluconhydroxamique et de l'acide *l*-arabonhydroxamique sur les bases. Neutres aux indicateurs colorés, ils ne peuvent être titrés à froid par la soude en présence de phtaléine; à chaud cependant, 1^{mol} d'acide consomme 1^{mol} de soude. L'hydroxyde de plomb se dissout dans la solution aqueuse de chacun de ces deux acides, mais on ne peut obtenir par évaporation de produit cristallisé. Dissous dans l'eau avec la quantité correspondante de soude, l'acide gluconhydroxamique et l'acide arabonhydroxamique donnent avec la solution d'acétate de cuivre un précipité vert foncé, extrêmement peu soluble dans l'eau. Il se forme un produit analogue par action des acides sur l'hydroxyde de cuivre fraîchement précipité. Nous n'avons pu obtenir de sel de cuivre de composition constante. Apparemment, il s'agit du composé $R-CO_2NCu$ souillé d'hydroxyde.

Action sur la lumière polarisée. — L'acide gluconhydroxamique possède un pouvoir rotatoire initial $[\alpha]^{23}_{Hg\,5769\text{-}90} + 23°$ ($C = 0{,}0265$ dans l'eau) qui s'abaisse à $+12°$ au bout d'un mois. Le pouvoir rotatoire de l'acide *l*-arabonhydroxamique, initialement $[\alpha]^{23}_{Hg\,5769\text{-}90} + 46°5$ ($C = 0{,}063$ dans l'eau) passe en trois mois à $-6°9$.

On ne peut manquer de rapprocher ce phénomène de mutarotation de celui qu'a observé A. J. A. Guillaumin ([1]) dans le cas de l'acide tartramhydroxamique.

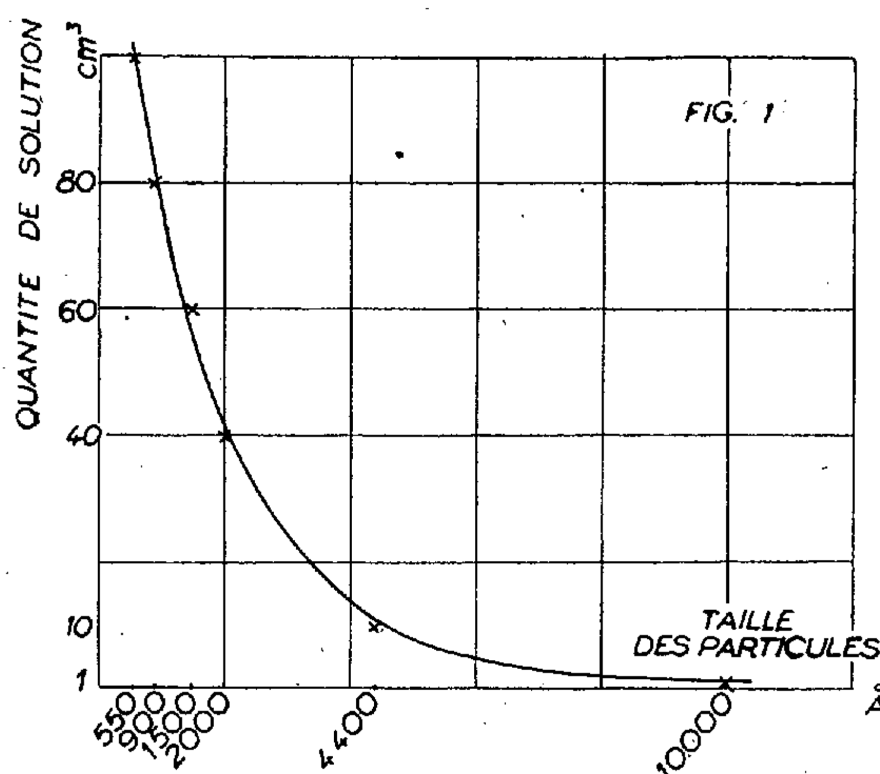
Nous nous proposons d'approfondir l'étude des dérivés ci-dessus, et de l'étendre à d'autres acides hydroxamiques hydroxylés.

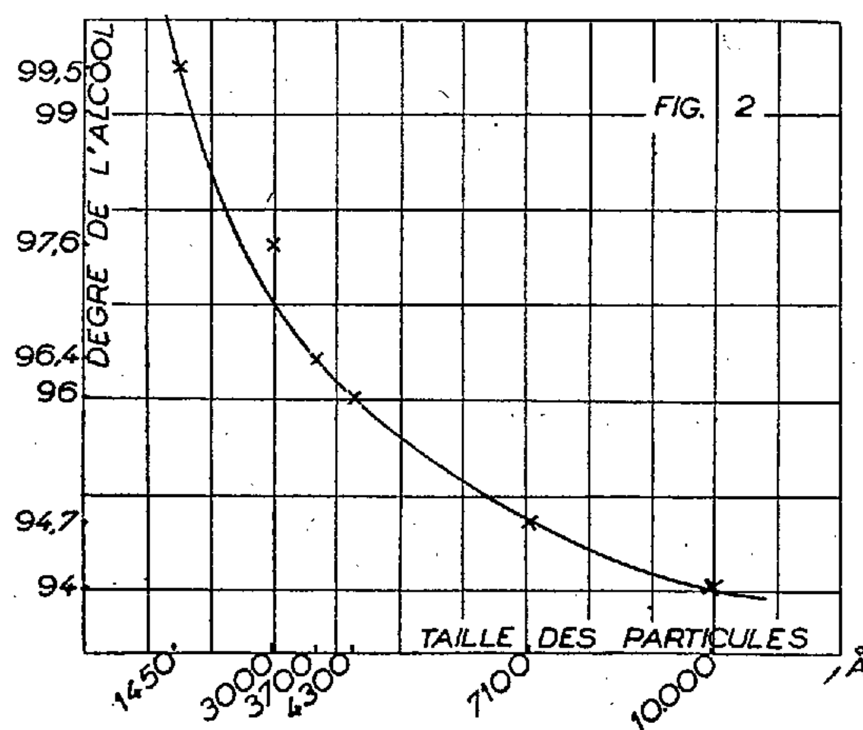
([1]) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1986.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Précipitation du paratungstate d'ammonium en milieu eau-alcool.* Note (*) de Mlle **Agnès Mathieu-Sicaud**, présentée par M. Charles Mauguin.

Poursuivant la réalisation et l'examen au microscope électronique des suspensions microcristallines monodispersées, nous avons étudié la précipitation du paratungstate d'ammonium. D'après Li et Chuang [1], le paratungstate d'ammonium présente deux formes quadratiques correspondant aux formules $5(NH_4)^2O$, 12 WO_3, $5H_2O$ (plaquettes) et $5(NH_4)^2O$, 12 WO_3, $11H_2O$ (bâtonnets).

Ce corps a été choisi à cause de sa faible solubilité dans l'eau (10 g/l); la précipitation par différents alcools (éthylique et méthylique) donne des particules très fines.





La solution saturée de paratungstate est versée aussi rapidement que possible dans 200^cm³ d'alcool maintenu à 0°, en agitant fortement le mélange.

I. Alcool éthylique. — La quantité d'alcool restant fixée à 200^cm³, on a fait varier :

1° La quantité de solution, donc la quantité de germes introduits dans l'alcool;

2° Le degré de l'alcool, c'est-à-dire l'efficacité du précipitant.

1. *Quantité de solution.* — La taille moyenne des particules a été établie pour chaque expérience à partir des courbes statistiques de dimensions de particules [2] correspondant à 300 particules environ. Pour un alcool à 96°

(*) Séance du 20 juin 1949.

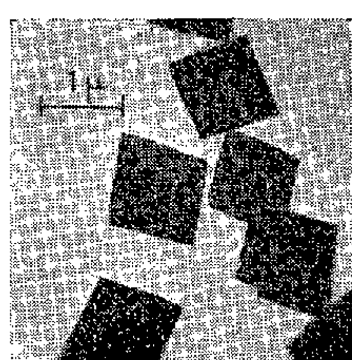
(1) Li et Chuang, *Tungsten History*; Smith et Exner, *Chem. News*, 90, 1904, p. 37, 49 et 66.

(2) J. H. L. Watson, *Anal. chem.*, 20, 6 juin 1948, p. 576-584.

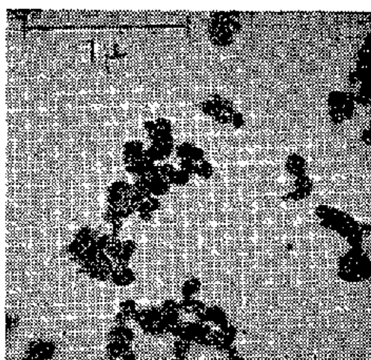
la figure 1 représente la variation de taille des particules en fonction de la quantité de solution introduite lorsque cette dernière passe de 1^{cm^3} (cliché 1) à 100^{cm^3} (cliché 2). Pour les quantités de solution supérieures à 10^{cm^3}, les cristaux présentent des facettes de plus en plus nombreuses.

Nous avons ainsi constaté que pour obtenir des cristaux de taille minimum bien formés, il fallait fixer la quantité de sodium à introduire à 10^{cm^3} pour 200^{cm^3} d'alcool.

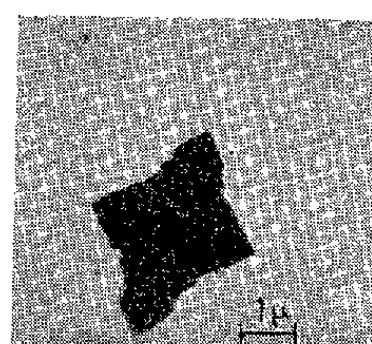
Ces proportions ont été maintenues fixes pour l'étude de l'influence du degré de l'alcool.



Cliché 1. × 10000.



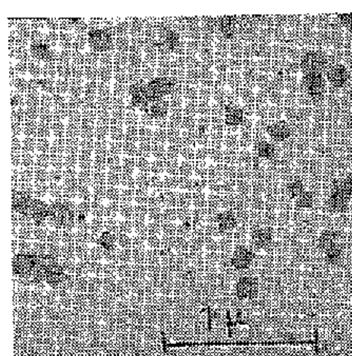
Cliché 2. × 20000.



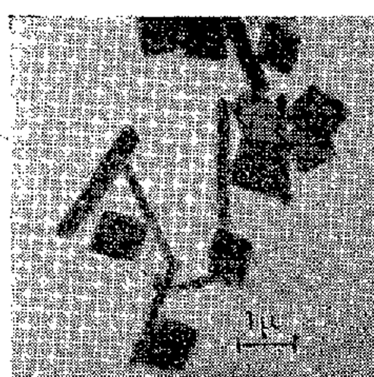
Cliché 3. × 7100.



Cliché 4. × 7100.



Cliché 5. × 20000.



Cliché 6. × 7100.



Cliché 7. × 7100.

2. *Influence du degré de l'alcool.* (Mesure au réfractomètre d'Abbe.) — Le cliché 2 représente la variation de la taille moyenne ([2]) des particules en fonction du degré de l'alcool, ce dernier passant de 90° (cliché 3, groupes de cristaux accolés) à 99°,5 (cliché 4, cristaux isolés).

Après une heure de centrifugation à 3500 t/min, la suspension ne contient plus que des particules de 1000 Å ± 10 % dont l'épaisseur mesurée par ombrage ([3]) est de 300 Å (cliché 5).

II. Alcool méthylique. — 1° La quantité optima de solution saturée de tungstate est encore de 10^{cm^3} pour 200^{cm^3} d'alcool.

2° Selon le degré de l'alcool la forme des cristaux précipités est variable. Pour un alcool presque absolu, le cliché 6 montre un mélange de plaquettes et de bâtonnets.

([3]) R. C. Williams et R. C. Backus, *The selection Micrographic structure of shadow cast films and surfaces* (*J. Appl. Phys.*, **20**, 1949, p. 98-106.

Le cliché 7 correspond à un alcool à 90°, la suspension ne contient plus que des bâtonnets.

Après centrifugation les particules restant en suspension mesurent 6500 Å sur 600 Å environ. L'épaisseur (3) est de 600 Å.

Conclusion. — En combinant les effets dus au pourcentage relatif de solution et de précipitant, au degré de l'alcool et à la centrifugation, on peut obtenir des suspensions monodispersées de cristaux de paratungstate d'ammonium de taille variant de 1000 Å à 1μ selon les suspensions. Selon l'alcool utilisé les microcristaux sont en forme de plaquettes ou de bâtonnets.

GÉOLOGIE. — *Yprésien fossilifère et Lutétien aux environs de Port-Louis (Morbihan)*. Note (*) de Mlle **Suzanne Durand**, transmise par M. Alexandre Bigot.

Dans une Note précédente (1) je signalais la présence dans la presqu'île de Quiberon, sous un revêtement pliocène, de calcaire lutétien fossilifère, en relation avec des sables fins, très glauconieux qui occupent le fond et les bords de la dépression du Parco. En l'absence de fossiles, l'âge de ces sables ne pouvait être fixé avec certitude et je devais conclure à un remplissage au moins lutétien, de cette cuvette marquée très anciennement dans la topographie du substratum.

Les puits ouverts pour l'alimentation en eau potable de la ville de Port-Louis viennent de fournir une coupe qui complète la découverte de blocs épars de calcaires éocènes sur la plage de Gavres (2). Ces puits sont situés à $2^{km},5$ au Nord-Est de Port-Louis, au Nord de la route de Riantec, sur la rive droite du ruisseau de Kerdurand. Forés, l'un jusqu'à $9^m,90$, l'autre jusqu'à $7^m,70$, ils révèlent l'existence de deux formations d'âge différent :

1. A leur base, ils atteignent un calcaire dur, très glauconieux, formé par l'agglomération de tests de Nummulites : *Nummulites planulatus* (Lmk.), formes A et B, dominent, associées à des Assilines, quelques Operculines, Orthophragmines et Operculinella. Les autres Foraminifères sont rares, j'ai trouvé quelques Milioles, surtout des Quinqueloculines et quelques Rotalidés. Des échantillons, provenant de sondages préliminaires, contenaient, outre les Nummulites, des espèces des genres : *Guttulina* (d'Orb.), *Globulina* (d'Orb.), *Rotalia* (Lmk.), *Cibicides* (Montfort), *Robulus* (Montf.) et *Asterigerina* (d'Orb.) et quelques Ostracodes. Le résidu insoluble dans l'acide est de 28 %, constitué de glauconie et de grains de quartz qui, en presque totalité,

---

(*) Séance du 4 juillet 1949.

(1) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1161-1163.

(2) L. Dangeard, *Bull. Soc. Géol. et Min. de Bretagne*, V, fasc. 2-4, p. 222-232.

traversent le tamis de maille $0^{mm},125$. Les grains de quartz sont très clairs, non usés, ce qui peut tenir à leur faible dimension, mais les quelques grains plus volumineux sont également anguleux; il s'agit donc d'un sédiment n'ayant subi qu'un léger transport, qui renferme des paillettes de mica blanc et de menus débris d'une roche verte riche en chlorite. L'abondance des *Nummulites planulatus* place ce calcaire dans l'Yprésien; les Assilines et les Orthophragmines ont été trouvées dans le Lutétien de Quiberon, mais elles existent aussi dans l'Yprésien du Bordelais. Le calcaire est surmonté par $1^{m},70$ de sable vert très fin, analogue à celui du Parco et dans lequel on retrouve les mêmes Nummulites. La teneur en calcaire de ces sables est inférieure à celle de la roche sous-jacente : le résidu insoluble, quartz et glauconie, représente 74 % du sédiment. La presque totalité des grains sont inférieurs à $0^{mm},125$, ils ont les mêmes caractères morphoscopiques que ceux des calcaires. Les minéraux lourds sont les mêmes dans les calcaires et dans les sables verts : la staurotide domine, la tourmaline est abondante, puis viennent, en quantité décroissante : zircon, chloritoïde, disthène, andalousite, topaze, clinozoïsite, épidote, grenat, rutile, anatase et brookite.

2. Au-dessus des sables verts, on trouve $3^{m},20$ de calcaire jaunâtre. La calcite se présente sous la forme de minuscules rhomboèdres (les plus petits sont de l'ordre de 1/16 de millimètre). Toutes les coquilles ont disparu, mais la roche est criblée de moules de Mollusques et surtout de très nombreuses Nummulites qu'on peut rapporter, d'après la taille et par comparaison au calcaire de Quiberon de même faciès, à *Nummulites Brongniarti* (d'Arch. et Haime). Les calcaires sont recouverts par des sables calcaires, dans lesquels la calcite est également cristallisée en rhomboèdres ayant tendance à s'agglomérer. J'ai trouvé dans ces sables, quelques Milioles et de très petits fragments de piquants d'Oursins. Il semble qu'il y ait eu dissolution totale des coquilles et précipitation de la calcite sous forme cristalline. Le résidu insoluble dans les calcaires et dans les sables n'est que de 15%. Les grains de quartz sont beaucoup plus usés que ceux des sables verts, ils sont du type émoussé-luisant. La glauconie est assez abondante, mais ne colore pas l'ensemble de la roche. Les minéraux lourds sont les mêmes que dans les formations précédentes, mais la présence de glaucophane de plus en plus abondante lorsqu'on passe des calcaires aux sables supérieurs et l'absence de débris de roche verte, montre l'apport d'un matériel nouveau, supposant un transport plus important, indiqué par la plus grande usure des grains.

La coupe des puits de Kerdurand montre pour la première fois dans le Massif Armoricain, l'Yprésien fossilifère en place, surmonté par du Lutétien analogue à celui de la Presqu'île de Quiberon, où les sables verts, présumés yprésiens, n'avaient pas fourni de *N. planulatus*. Il existe donc, sur le continent, au Nord du Polygone de Gavres, une formation éocène allant de l'Yprésien au Lutétien, masquée par des dépôts plus récents, en partie pliocènes,

qui est à rattacher à la formation sous-marine que M. Dangeard situe entre zéro et 20^m, d'où proviendraient les blocs recueillis sur la plage ([2]), et aux calcaires et sables éocènes des environs de Lorient ([3]).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Particularités d'une fasciation provoquée.* Note de M. **François Nysterakis**, présentée par M. Raoul Combes.

Dans des études antérieures (1945-1948) j'ai essayé de préciser le mécanisme de l'apparition des fasciations des tiges des végétaux, en faisant appel à l'action des auxines. Afin de pouvoir suivre à des intervalles réguliers les modifications anatomiques précédant la formation d'une fasciation caractéristique, j'ai pulvérisé, au printemps 1947 et 1948, une solution à 1 °/₀₀₀ d'acide 2.4 dichlorophénoxyacétique sur de nombreuses plantes. Je ne donnerai ici que les observations concernant un cas de fasciation étudié sur *Matricaria Chamomilla* L.

La partie des organes qui s'est formée après la pulvérisation était fasciée. La phyllotaxie et la forme des inflorescences présentaient de grandes anomalies; leurs dimensions étaient, le plus souvent, de trois à cinq fois supérieures à la normale. Circulaires, ovoïdes ou aplaties, les inflorescences portaient parfois, au centre, un ou rarement deux capitules de dimensions normales, mais supportés par un pédoncule de 3 à 4^{cm} de long; on trouve en plus deux capitules non entièrement séparés.

En examinant des coupes transversales d'une tige, pratiquées en série, de bas en haut entre sa partie normale et celle nettement fasciée, on constate d'abord l'apparition, puis la division de cellules parenchymateuses au sein des faisceaux libéro-ligneux préexistants. Au fur et à mesure que le nombre et l'activité de ces cellules s'accroît, le nombre des faisceaux augmente. Un phénomène remarquable ne tarde pas à apparaître. Dans la moelle et suivant un cercle, quelques cellules se divisent et se lignifient; au sein de ces îlots de bois des cellules libériennes prennent naissance; puis au milieu de celles-ci apparaissent des cellules scléreuses. Liber et sclérenchyme deviennent de plus en plus excentriques et finalement se superposent au bois. Ces faisceaux internes se disposent en une couronne dont le bois est externe et le liber interne (*fig.* 1). Dans la suite, à une certaine distance à l'intérieur du cercle de ces faisceaux inverses, d'autres cellules de la moelle se divisent et se différencient en deux épidermes qui s'écartent, l'un bordant la couronne interne, l'autre le reste de la moelle (*fig.* 1, E, *e*). Cette dernière se résorbe ou cesse de se former; mais, dans des cas beaucoup plus rares, apparaissent d'autres particularités très importantes, sur lesquelles je reviendrai ultérieurement. Plus tard, face à face par rapport à un rayon, de nouveaux faisceaux s'organisent entre les deux couronnes. Une fois formés, leurs libers se trouvent placés l'un en face de

([3]) L. Dangeard, *Bull. S. G. M. B.*, VII, fasc. 1-2, p. 70-74.

l'autre (*fig.* 2, *a*, *b*, *a'*, *b'*); les faisceaux préexistants les plus proches convergent vers ces faisceaux néoformés. Dans le parenchyme qui sépare ces derniers, deux épidermes prennent naissance et vont rejoindre les épidermes externes et internes, (*fig.* 2, *e'*, *e''*). Les cellules situées entre les deux épidermes

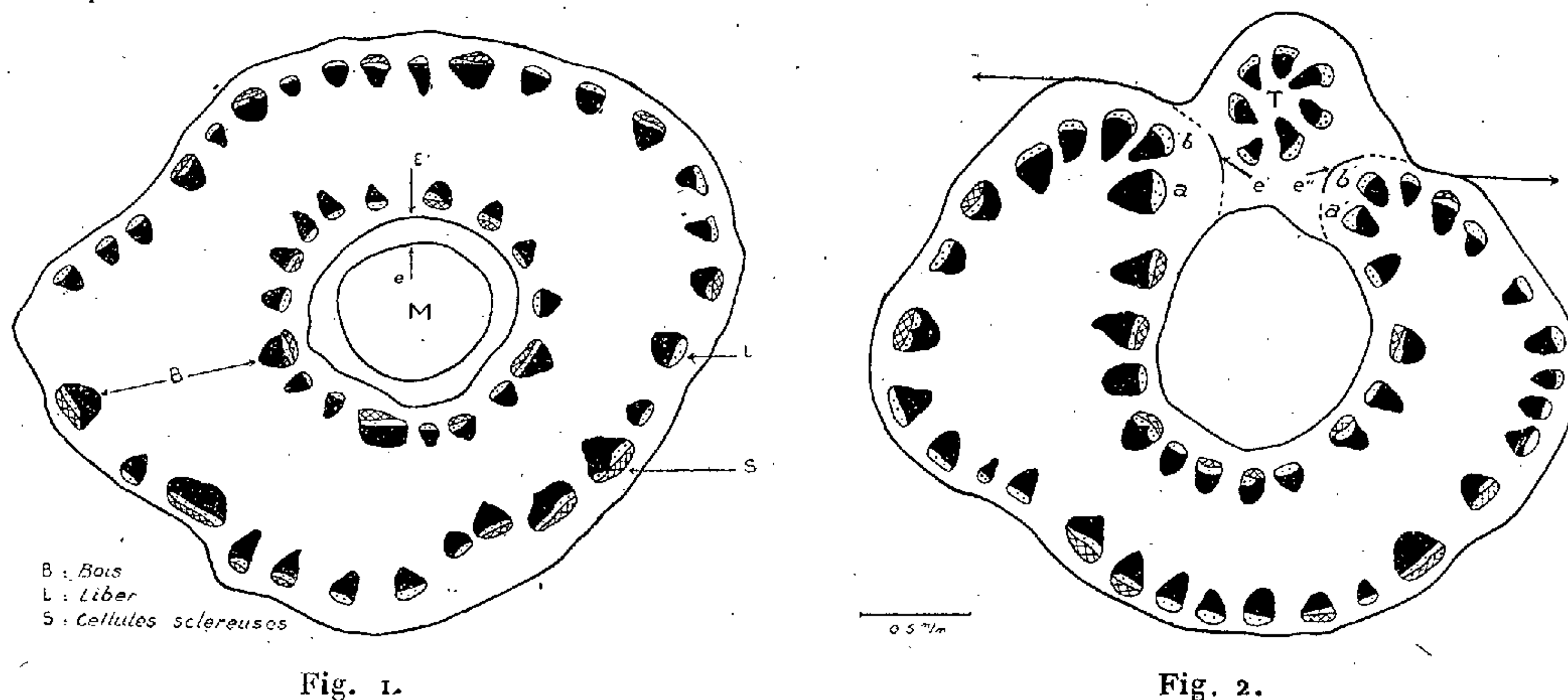


Fig. 1. Fig. 2.

néoformés dégénèrent ou, au contraire, redoublent d'activité et donnent naissance à de nouveaux faisceaux qui s'organisent en une tige normale ou fasciée (T). Que ce soit néoformation des tiges ou non, après l'apparition des deux épidermes (*e'* et *e''*), la tige commence à s'ouvrir de telle sorte que les faisceaux de la couronne intérieure qui étaient en position renversée, acquièrent une orientation normale sur l'un des côtés de la tige fasciée ainsi formée.

De ces observations, il faut retenir que l'application d'une substance synthétique qui semble agir (directement ou indirectement) sur les phytohormones de la plante, peut provoquer des fasciations. On peut donc supposer que, dans le cas étudié, la substance utilisée favorise, en premier lieu, la dédifférenciation des cellules en modifiant probablement le taux de l'*auxine libre* de la plante et agit ensuite sur les substances qui régissent leur différenciation et leur organisation à des structures définies. S'il en est ainsi, toute cause intrinsèque ou extrinsèque à la plante susceptible d'engendrer dans un sens déterminé de profondes perturbations dans l'équilibre phytohormonal d'un végétal, provoquerait le déclenchement d'une chaîne de réactions aboutissant à la formation d'un organe fascié. La possibilité de l'intervention des multiples causes indiquées par mes devanciers (mécaniques, mutilations, nutrition, bactéries, insectes cécidogènes, virus) semble donc possible, même si elles ne justifient pas tous les cas de fasciation connus.

Il est intéressant de constater que la figure 1 avec l'épiderme interne, ressemble beaucoup à celle donnée par Gaussen ([1]) au sujet de l'origine de

---

([1]) *Les Gymnospermes actuelles et fossiles*, fasc. 1, 1944, p. 39, figures 9-12.

l'appareil vasculaire, et de rappeler les observations faites par Nicolas (²) sur une tige fasciée de *Chrysanthemum myconis*. Je signale pour le moment que l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique peut provoquer des fasciations par un autre procesus que celui indiqué ici.

ALGOLOGIE. — *Sur quelques propriétés des substances actives tirées des cultures d'Algues d'eau douce.* Note de M. **Marcel Lefèvre** et Mlle **Hedwig Jakob**, présentée par M. Roger Heim.

Dans une précédente Note (¹) nous avons montré que les substances métaboliques produites par certaines espèces d'Algues d'eau douce en culture étaient susceptibles de bloquer soit totalement, soit partiellement le développement d'autres espèces d'Algues.

Poursuivant nos recherches, nous avons étudié le comportement de filtrats de cultures bactériologiquement pures de *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Bréb. et *Pandorina morum* (Müller) Bory, vis-à-vis de différentes Algues de groupes systématiquement éloignés : Protococcales, Desmidiacées, Cyanophycées, Diatomées.

Des très nombreux essais auxquels nous nous sommes livrés et *dans les conditions de nos expériences*, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

Toutes les espèces d'Algues jusqu'ici examinées ne produisent pas une seule mais plusieurs substances actives vis-à-vis d'autres espèces d'Algues.

Tout se passe comme s'il y avait à la fois production d'une ou de plusieurs substances favorisantes et d'une ou plusieurs substances inhibitrices.

La substance favorisante semble agir en excitant la nutrition et la substance inhibitrice en arrêtant la multiplication.

La production, dans une culture, des diverses substances actives ne se fait pas suivant des courbes parallèles, si bien que, la plupart du temps, il y a dominance soit des substances favorisantes, soit des substances inhibitrices.

Il s'ensuit que les propriétés d'un filtrat de culture varient suivant l'âge et les conditions de celle-ci. *Phormidium uncinatum* (Ag.) Gomont, par exemple, est nettement favorisé par un filtrat de culture jeune de *Scenedesmus quadricauda*, alors qu'au contraire, il est entièrement bloqué par un filtrat de culture âgée de ce même *Scenedesmus*.

Ces actions antagonistes ou favorisantes sont nettement spécifiques. Ainsi, le filtrat de culture jeune de *Scenedesmus quadricauda*, qui favorise *Phormidium uncinatum*, produit sur *Scenedesmus oahuensis* Lemm. un effet absolument opposé et l'inhibe presque complètement.

(²) *Bull. Soc. His. Nat. Afrique du Nord*, IX, 1918, p. 7-14.

(¹) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 167.

Certaines de ces substances actives produites par les Algues sont thermolabiles; il suffit de chauffer à l'ébullition pendant 45 minutes un filtrat de culture de *Pandorina morum* (Müller) Bory pour lui faire perdre ses propriétés inhibitrices vis-à-vis de *Cosmarium lundellii* Delp..

Mais, là encore, les effets constatés sont spécifiques : la chaleur qui détruit les propriétés algostatiques de la pandorinine vis-à-vis de *Cosmarium lundellii* peut, au contraire, faire apparaître ces propriétés vis-à-vis de *Scenedesmus ovalternus* (Turp) Kütz, qui, favorisé par la pandorinine, est inhibé par cette même substance chauffée durant 45 minutes à l'ébullition.

La congélation à — 15, — 20°C, semble avoir sur la pandorinine un effet identique à celui de l'ébullition.

Les substances métaboliques produites par *Pandorina morum* semblent être particulièrement actives sur les Desmidiacées et en particulier sur les espèces du genre *Cosmarium* et *Micrasterias*. Elles sont cependant sans aucun effet sur *Cosmarium obtusatum*.

Leur action se traduit par une excitation de la nutrition : les cellules se gorgent de corpuscules trépidants au point de devenir absolument opaques, mais, comme leur multiplication est en même temps bloquée, elles éclatent et meurent en quelques jours.

L'action uniquement favorisante des substances actives produites par des Algues a été particulièrement observée entre *Phormidium uncinatum* (Ag.) Gomont et *Achnanthes microcephala* Kütz., la croissance de cette dernière espèce étant nettement favorisée par le filtrat de culture du *Phormidium*.

Cette propriété apparaît encore nettement dans les cultures associées : si l'on cultive ensemble *Scenedesmus oahuensis* et *Achnanthes microcephala*, le *Scenedesmus* ne tarde pas à dominer, mais si l'on ajoute au milieu de culture un filtrat de *P. uncinatum*, c'est la Diatomée qui devient immédiatement dominante.

Des modifications morphologiques se manifestent souvent chez les Algues soumises à l'action de substances actives en provenance d'autres Algues. On observe surtout un gigantisme très net chez les cellules dont la multiplication est inhibée (comme chez les bactéries soumises à la pénicilline), une contraction irrégulière ou une pulvérisation des cénobes chez les *Pediastrum*, ou encore une vacuolisation énorme des cellules avec amenuisement extrême des chloroplastes (chez *Scenedesmus oahuensis*). Ces malformations entraînent généralement la mort des cellules.

La quantité et l'efficacité des substances algostatiques sécrétées par une espèce d'Algue dépendent des conditions de culture et en particulier : de la composition chimique du milieu initial (les milieux à base d'extraits de levure donnent à ce sujet d'excellents résultats), de la température, de la durée journalière et de l'intensité de l'éclairement, de la surface de contact du milieu avec l'air, de l'importance de l'ensemencement initial, de l'âge de la culture.

Le parallélisme étroit qui était apparu dès nos premières recherches entre les substances métaboliques issues soit des Champignons, soit des Bactéries et celles issues des Algues semble donc s'affirmer.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Corynanthéine et corynanthéidine*. Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Nous avons montré que le chlorhydrate cristallisé de corynanthéine extrait par Karrer de résidus de la fabrication industrielle de la yohimbine et jamais retrouvé depuis lors, n'est autre que le chlorhydrate de la principale base accessoire du *Pseudocinchona africana* A. Chevalier, obtenu par Fourneau à l'état amorphe et par nous à l'état cristallisé.

Disposant de grandes quantités d'écorces de cette Rubiacée, Janot et Goutarel ont pu, d'une part isoler de celles-ci un isomère de la corynanthéine, la corynanthéidine, d'autre part préparer à la fois un chlorhydrate de corynanthéine plus fortement dextrogyre que celui de Karrer et que le nôtre, et la base correspondante à l'état cristallisé.

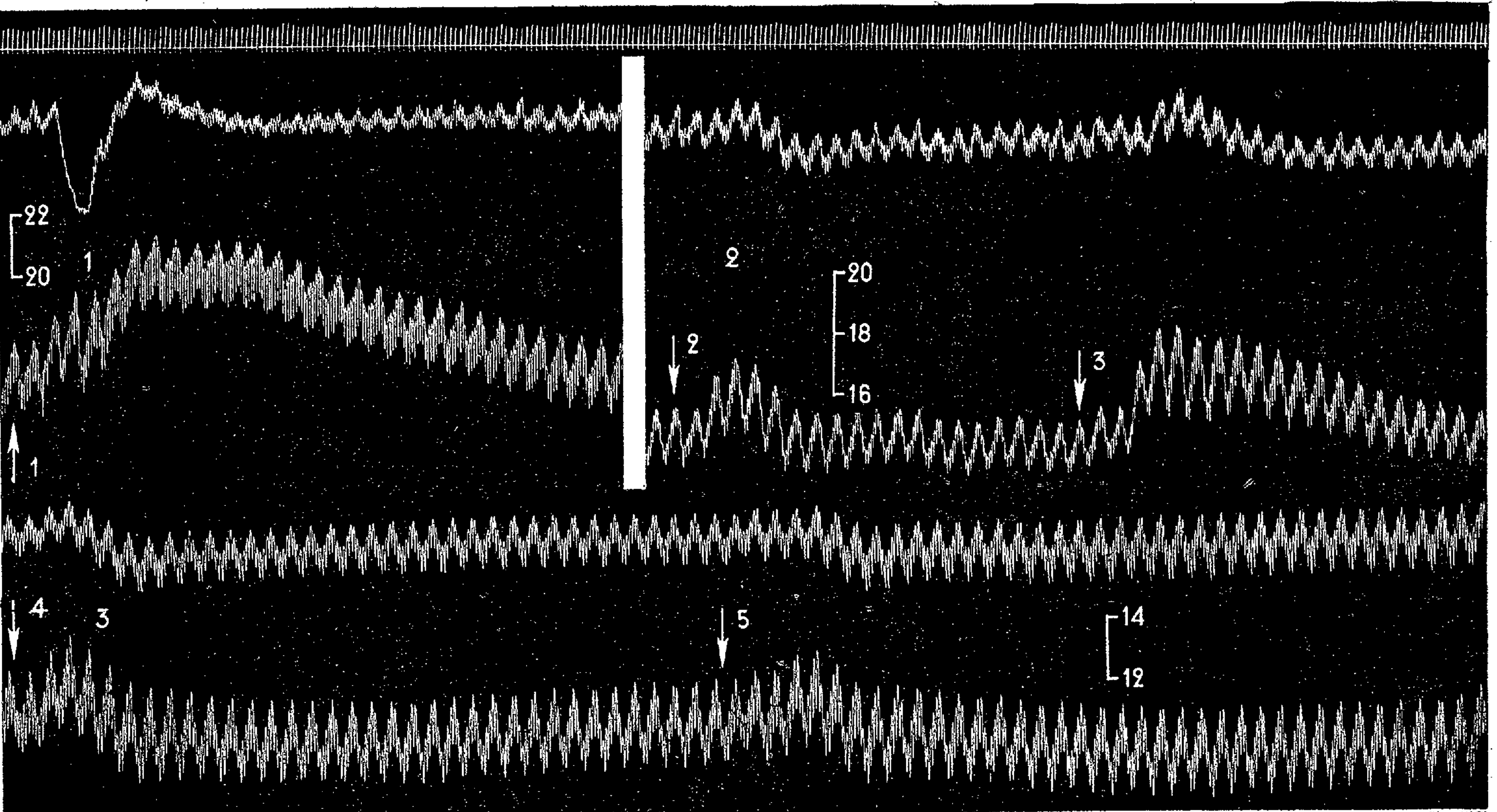
Si ces faits ne peuvent prouver que le chlorhydrate de corynanthéine obtenu par Karrer et par nous est si *souillé de chlorhydrates de bases satellites* ([1]) que ses effets physiologiques doivent être soigneusement distingués de ceux du chlorhydrate de la corynanthéine cristallisée ([3]) ([4]), ils nous ont cependant incité à faire l'analyse chromatographique du produit fourni par l'alcalinisation d'un chlorhydrate de corynanthéine brut obtenu par notre première méthode d'extraction des alcaloïdes du *Pseudocinchona* et ayant, en solution méthanolique, un pouvoir rotatoire de $+ 10°5$.

Nous avons ainsi obtenu, d'une part une fraction essentielle constituée par de la corynanthéine pure, qui dans le méthanol dilué a cristallisé en totalité sous forme de magnifiques tablettes blanches, d'autre part une fraction très peu abondante qui nous a donné un picrate cristallisé correspondant entièrement au picrate de corynanthéidine décrit par Janot et Goutarel. 24^g de notre chlorhydrate brut n'ont donné que 2^g,18 de ce picrate, ce qui correspond à environ 6^g de chlorhydrate de corynanthéidine pour 100^g de chlorhydrate de corynanthéine brute, c'est-à-dire à une teneur en isomère inférieure à celle qu'on observe dans de nombreux alcaloïdes, en particulier dans la yohimbine.

L'étude pharmacologique que Paris, Janot et Goutarel ([2]) ont faite de la corynanthéidine ayant seulement montré que cette base réduit et, à dose forte, *inhibe pratiquement* l'hypertension adrénalinique, il convenait de rechercher si elle peut, comme la corynanthéine, inverser cette hypertension. Le tracé

([1]) ([2]) ([3]) Paris, Janot et Goutarel, *C. R. Soc. Biol.*, 139, 1945, p. 663.

([4]) Janot in Lebeau, *Traité de Pharmacie chimique*, 4, 3e édit., Paris, 1947, p. 3635.



Chien de 6kg,500, chloralosé (12cg par kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. 1re ligne : temps en secondes. 2e et 4e lignes : oncogramme. 3e et 5e lignes : tensiogramme. On a injecté dans la saphène, aux flèches 1, 2 et 4 : 0mg,005, aux flèches 3 et 5 : 0mg,01 de bitartrate d'adrénaline. L'animal a reçu dans les veines, entre 1 et 2 : 39mg ; entre 2 et 3 : 156mg de picrate de corynanthéidine dissous dans le diméthyl-acétonyl-carbinol à la concentration de 20mg par cm³. Tracés réduits de 20 %.

ci-joint montre qu'il en est bien ainsi et que, chez un Chien soumis à l'action de 30^{mg} de picrate de corynanthéidine par kilogramme, l'adrénaline a abaissé de 11^{mm} la pression artérielle et renforcé le pouls rénal alors qu'initialement elle avait élevé cette pression de 34^{mm} et avait presque totalement aboli ce pouls. La corynanthéidine est donc douée d'une activité sympathicolytique majeure, inférieure toutefois à celle de la corynanthéine ([5]).

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le développement des bourgeons axillaires provoqué expérimentalement chez* Vicia sativa *L.* Note (*) de M. **Albert Duchaigne**, transmise par M. Paul Becquerel.

La section de l'épicotyle de *Vicia sativa*, supprimant le bourgeon terminal, provoque le développement du bourgeon axillaire le plus proche de la section, alors que ce bourgeon reste en sommeil chez la plante indemne. Il s'agit là d'un fait biologique bien connu; mais on n'avait pas encore comparé la croissance, la morphologie et l'anatomie du rameau feuillé axillaire ou secondaire, compensateur, avec celles des segments correspondants du rameau feuillé principal ou primaire issu de la gemmule. Or une telle comparaison nous a montré que ces deux sortes de rameaux diffèrent les uns des autres et d'autant plus que l'expérience porte sur un entre-nœud plus proche des cotylédons.

Nous avons suivi pendant 25 jours la croissance de témoins et de sujets épicotylectomisés après 6 jours de germination. 100 plantules ont été coupées au niveau du premier entre-nœud et cette opération a déterminé le développement exclusif (29 %) ou très prédominant (61 %) d'un des bourgeons cotylédonaires et plus rarement (10 %) le développement équivalent des deux bourgeons. Dans un autre lot de 100 plantules nous avons sectionné le deuxième entre-nœud et observé, ensuite, un seul rameau issu de l'aisselle de la première feuille (88 %) parfois accompagné d'un second rameau, beaucoup plus court, d'origine cotylédonaire (12 %). Nous avons opéré de la même manière pour les entre-nœuds suivants et obtenu des résultats similaires; un seul rameau axillaire se développe dans la plupart des cas.

En ce qui concerne les longueurs moyennes des entre-nœuds, les premiers entre-nœuds des rameaux compensateurs, ayant terminé leur croissance, sont plus longs que les entre-nœuds correspondants du rameau principal. Les trois premiers, par exemple, du rameau principal des témoins mesurent 0,4-0,6 et 1^{cm},8 et ceux du rameau auxiliaire cotylédonaire atteignent 1,8-4,1 et 3^{cm},6.

D'autre part le tableau suivant récapitule la morphologie comparée des

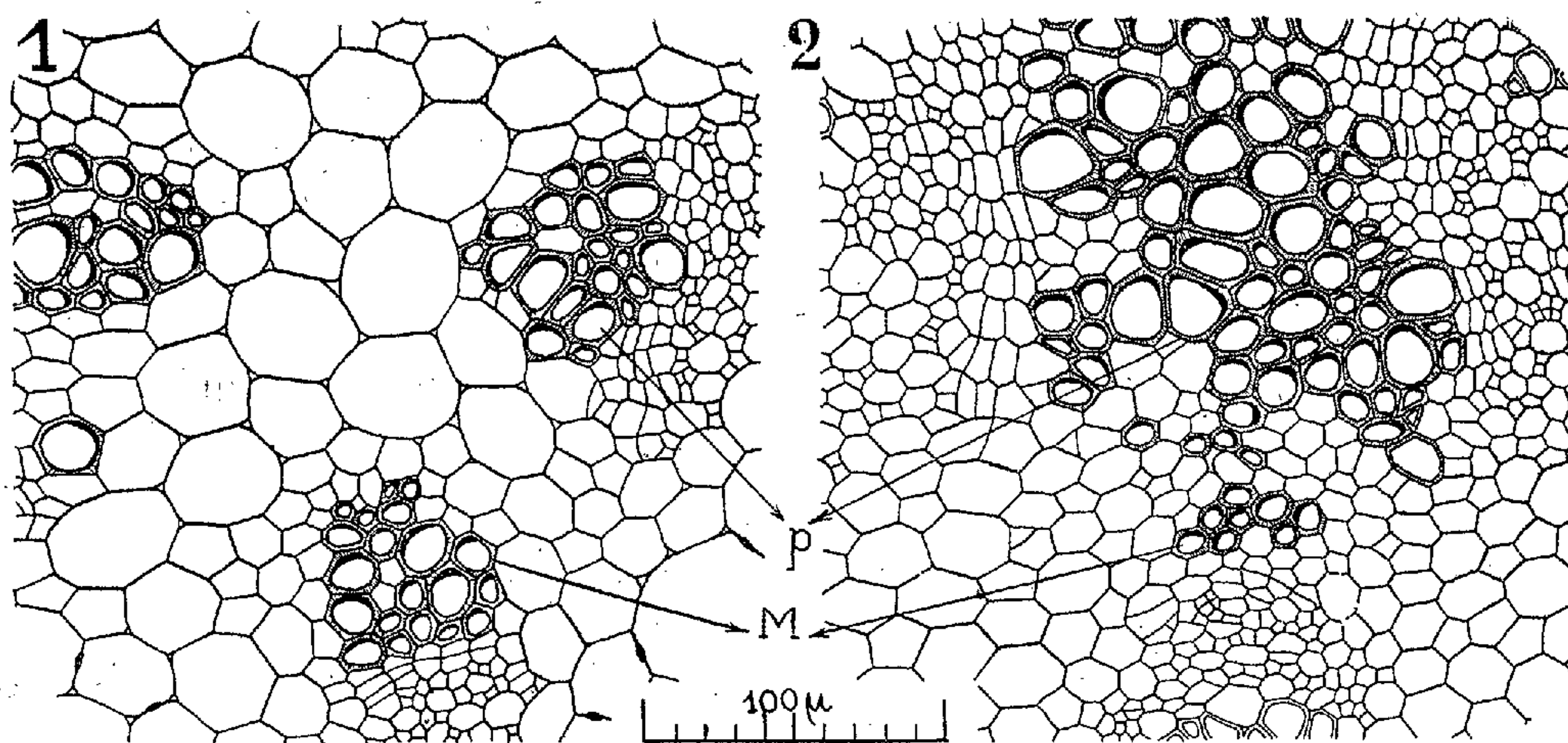
([5]) Paris, Janot et Goutarel avaient, au contraire, affirmé que la corynanthéidine agit sur le Système nerveux sympathique *de façon au moins aussi importante que... la corynanthéine cristallisée*.

(*) Séance du 11 juillet 1949.

diverses feuilles. Nous y désignons par F_1, F_2, F_3, ... les 1re, 2e, 3e, ... feuilles du rameau feuillé principal, par 1 *f* 1, 1 *f* 2, 1 *f* 3, ..., les 1re, 2e, 3e, ... feuilles du rameau secondaire issu de l'aisselle d'un cotylédon, par 2 *f* 1, 2 *f* 2, 2 *f* 3, ...; 3 *f* 1, 3 *f* 2, 3 *f* 3, ... et par 4 *f* 1, 4 *f* 2, 4 *f* 3, ..., les 1re, 2e, 3e, ... feuilles du rameau issu de l'aisselle de la 1re, 2e et 3e feuilles du rameau principal.

Rameau principal (témoins).	Rameau secondaire issu de l'aisselle de : 1 cotylédon.	1re feuille.	2e feuille.	3e feuille.
F 1– bractée	1 *f* 1– bractée	F 1– bractée	F 1– bractée	F 1– bractée
F 2– »	1 *f* 2–2 folioles	2 *f* 1–2 folioles	F 2– »	F 2– »
F 3– »	1 *f* 3–2 »	2 *f* 2–2 »	3 *f* 1–2 folioles	F 3– »
F 4–2 folioles	1 *f* 4–4 »	2 *f* 3–4 »	3 *f* 2–2 »	4 *f* 1–2 folioles
F 5–2 »	1 *f* 5–4 »	2 *f* 4–4 »	3 *f* 3–4 »	4 *f* 2–2 »
F 6–2 »	1 *f* 6–4 »	2 *f* 5–4 »	3 *f* 4–6 »	4 *f* 3–4 »
F 7–2 »	–	–	3 *f* 5–6 »	4 *f* 4–6 »
F 8–4 »	–		–	–

Ces nombres n'ont pas toujours une valeur absolue mais peuvent représenter seulement un maximum de fréquence; par exemple la feuille 2 *f* 3 a 4 folioles dans 97 % des plantules et 2 dans 3 %. Ce tableau met en évidence deux faits, la complexité croissante de la feuille au fur et à mesure que l'on s'élève dans la plante et la plus grande complexité des feuilles des rameaux axillaires par rapport aux feuilles correspondantes du rameau principal.



Vicia sativa. — 1, premier entre-nœud du rameau secondaire issu de l'aisselle de la 1re feuille; 2, 2e entre-nœud du rameau principal, correspondant donc au précédent; M, faisceau médian; *p*, plexus intercalaire.

Enfin au point de vue anatomique les trois premiers entre-nœuds du rameau principal ont une structure cribo-vasculaire pseudo-alterne qui a longtemps

été considérée comme un vestige de la structure diploxylée des tiges ancestrales ([1]), alors que les rameaux axillaires ont dès leur origine une mœlle et par suite une structure superposée typique.

En conclusion, les rameaux feuillés axillaires, compensateurs, obtenus par section des premiers entre-nœuds de l'épicotyle de Vicia sativa, *sont plus évolués que les segments correspondants du rameau feuillé principal puisqu'ils réalisent dès leur origine les caractères morphologiques et anatomiques qui ne se rencontrent que beaucoup plus haut dans le rameau feuillé principal issu de la gemmule.*

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur de prétendues transmutations d'éléments constatées chez les végétaux : le potassium chez* Laminaria flexicaulis. Note de MM. **Jean Brouardel** et **Émile Rinck**, présentée par M. Louis Hackspill.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons montré que l'hypothèse de Freundler ([2]), puis de Spindler ([3]), selon laquelle l'iode évoluerait dans les Algues par transmutation, reposait sur des bases expérimentales erronées.

M. Spindler ayant également affirmé ([4]) que la teneur en potassium de *Laminaria flexicaulis* variait par transmutation, nous avons fait une étude critique de ce travail.

Des frondes de *L. flexicaulis* récoltées en juin 1948 à l'île Harbourg, près de Dinard, furent échantillonnées d'après les méthodes précédemment décrites ([1]). Les échantillons étaient fixés par échauffement brusque à 105°, les uns, constituant les témoins, immédiatement après échantillonnage, les autres, en nombre égal, à des intervalles de temps réguliers; ces derniers échantillons auraient dû montrer les variations observées par M. Spindler.

La destruction de la substance organique des échantillons déshydratés était réalisée par oxydation sulfonitrique dans des béchers en silice fondue. Les acides utilisés avaient été purifiés au préalable par distillation fractionnée dans le vide. Les solutions légèrement sulfuriques des échantillons, ramenées à 50^{cm^3}, furent conservées dans des flacons en verre d'Iéna pour lequel l'échange d'ions alcalins avec la solution est réduit au minimum.

Le dosage du potassium fut effectué dans un photomètre à flammes. La précision relative des dosages était de 1 % dans chaque série.

([1]) Duchaigne, *Comptes rendns*, 226, 1948, p. 264.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 263-265.

([2]) *Bull. Soc. Chim.*, 37, 4e série, 1925, p. 1466, et *Introduction à l'étude des complexes biologiques*, Paris, 1928.

([3]) *Bull. Lab. Dinard*, 28 décembre 1946, et *L'Industrie chimique*, 34, 1947, p. 167.

([4]) *Bull. Lab. Dinard*, 31 juin 1948.

Résultats. — Les conclusions que M. Spindler a tiré de ses chiffres expérimentaux sont basées sur l'uniformité de répartition du potassium dans l'algue, uniformité que cet auteur affirme être parfaite. L'étude de 150 échantillons prélevés sur 9 algues nous a montré qu'il n'en était rien; en effet on assiste à une variation rapide et importante de cette teneur le long de l'algue, variation qui peut dépasser 30 % sur une longueur de 40^{cm}.

Tout comme pour l'iode, nous avons observé une variation régulière de la teneur en potassium le long des frondes de *L. flexicaulis* : en partant de la zone stipofrondale, la teneur s'abaisse, atteint un minimum à mi-longueur, puis croît régulièrement.

Par ailleurs pour des échantillons fixés à des intervalles de temps réguliers et croissants à partir de l'heure de la récolte, nous avons constaté que quel que soit l'instant de la fixation, la répartition de la teneur en potassium suit les lois du simple hasard.

M. Spindler n'ayant pris que deux échantillons témoins par fronde, les variations qu'il a observées sont donc uniquement dues à la position des échantillons dans celle-ci.

Donc, comme pour l'iode, les conclusions de M. Spindler affirmant l'existence des transmutations, reposent, cette fois encore, sur des bases expérimentales erronées.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *De quelques particularités anatomiques et cytologiques observées dans l'aubier de chênes dépérissants* (Quercus sessiliflora *Sm.* *et* Q. pedunculata *Erh.*). Note de M. **Clément Jacquiot**, présentée par M. Raoul Combes.

Depuis 1946, il a été constaté, sur des chênes dépérissants, des lésions très particulières et non encore décrites.

J'ai examiné l'écorce et l'aubier d'un tel chêne provenant des Vosges abattu en 1948. Jusqu'à l'année 1945, la structure de son bois est entièrement normale. Au printemps 1945, après la formation des premiers éléments du bois initial, apparaît dans certains secteurs une discontinuité de structure (*fig.* 1). A ce niveau se trouvent des galeries d'insectes, galeries remplies d'une vermoulure formée exclusivement de *fragments de tissus libériens*. Au bois normal succèdent des *ilots de liber*, partiellement nécrosé, puis du bois anormal, constitué d'éléments ondulés dans le sens tangentiel, mais où il est cependant possible de distinguer trois couches annuelles. Dans certains secteurs on trouve à nouveau des ilots de liber enfermé au début de la deuxième couche annuelle (1947).

Le bois anormal déborde largement, dans le sens tangentiel, les ilots de liber enfermé et fait alors directement suite au bois normal.

Particularités anatomiques (*fig.* 2). — Les vaisseaux de la dernière couche de bois normal (1945) et, à un moindre degré, des deux ou trois couches

antérieures sont obstrués par des thylles. A la limite du bois normal et des îlots de liber inclus, on distingue l'assise cambiale normale dont les cellules peuvent être soit nécrosées et écrasées, soit différenciées et lignifiées. Aux îlots de liber inclus succèdent les tissus de l'aubier anormal. Les éléments de ces tissus *succèdent directement aux éléments du liber inclus qui les précèdent* et n'appartiennent pas à un bourrelet cicatriciel qui serait venu recouvrir latéralement l'îlot libérien.

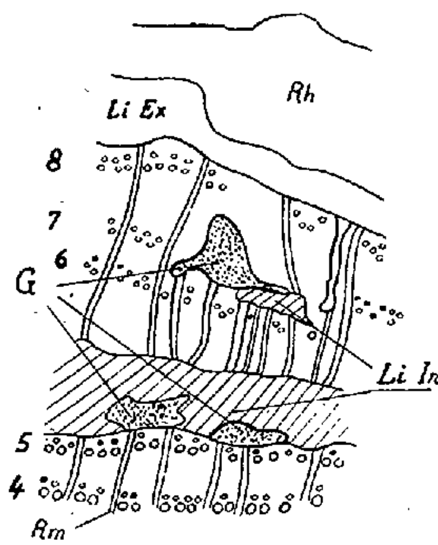


Fig. 1.

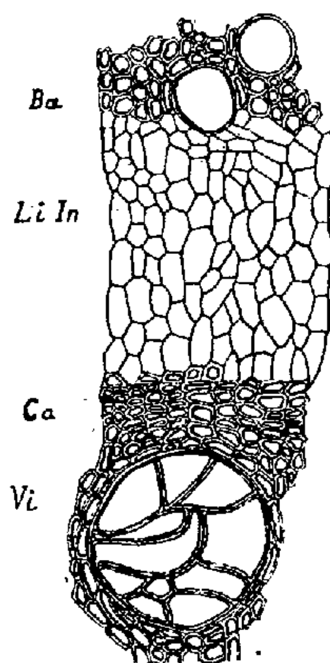


Fig. 2.

Fig. 1. — Section transversale schématique au niveau d'une lésion. 4, 5, zones poreuses des couches annuelles normales (1944, 1945); 6, 7, 8, zones poreuses des couches annuelles anormales (1946 à 1948); G, galeries d'insectes remplies de vermoulure de tissus libériens (années 1945 et 1947). *Li. In.*, liber interne; *Li. Ex.*, liber externe; *Rh.*, rhytidome.

Fig. 2. — Coupe transversale dans une lésion. *Vi*, vaisseau du bois initial de l'année de l'attaque (1945) avec thylles; *Ca*, tissu cambial nécrosé ou lignifié; *Li. In.*, liber interne; *Ba*, bois anormal formé par l'assise cambiale de remplacement.

Il est évident qu'il y a eu *dédifférentiation* d'une couche de cellules libériennes qui ont repris le caractère méristématique secondaire et ont reconstitué une assise cambiale extérieure. Ce cambium néoformé a donné naissance aux couches externes de l'aubier dont la structure anormale diffère de celle du bois normal de l'espèce surtout par les caractères suivants :

a. Importance relative plus grande des rayons. De plus, les rayons minces, au lieu d'être régulièrement unisériés, sont le plus souvent bi ou tri-sériés. Les rayons épais, au lieu de former des feuillets de grande hauteur, se résolvent en cordons plus ou moins cylindriques séparés par des lames de tissus fibreux.

b. Rareté relative des vaisseaux surtout dans le bois final. Ces vaisseaux contiennent assez souvent des thylles.

c. Tous les éléments allongés axialement sont fortement flexueux dans le plan tangentiel.

d. Les limites des zones d'accroissement sont flexueuses.

e. Les couches annuelles sont plus épaisses que les couches normales et les régions lésées forment une protubérance sur le tronc.

Particularités cytologiques. — Il existe des cellules nécrosées et remplies de produits tanniques, notamment dans le liber interne, isolées ou groupées en îlots.

Les cellules restées vivantes semblent normales. Les noyaux ne diffèrent pas des noyaux des tissus sains, sauf peut-être par une légère hypertrophie. Les cellules de parenchyme contiennent de l'amidon comme chez les arbres sains.

Conclusions. — Le caractère le plus remarquable des lésions étudiées est le remplacement de certaines zones nécrosées de l'assise cambiale par une couche déjà différenciée de cellules libériennes. Ces cellules, en proliférant, ne donnent pas naissance à un parenchyme cicatriciel irrégulier, mais à un bois dont la structure anormale garde cependant certains des caractères du plan ligneux de l'espèce. Dans l'ensemble, les corrélations qui régissent la formation et la différentiation des éléments formés par l'assise cambiale normale s'exercent encore, avec quelque perturbation, sur les tissus formés par l'assise cambiale de remplacement, tissus qui, sur les frontières de la zone anormale, se raccordent aux tissus normaux contemporains.

Il y a là un phénomène d'origine pathologique, très analogue au phénomène normal des retraits successifs de l'assise péridermique, aboutissant à l'isolement d'îlots de tissus de l'écorce primaire ou de tissus libériens et à l'apparition de rhytidome.

PHYSIOLOGIE. — *Libération d'acétylcholine par l'excitation du nerf cardiaque chez* Helix pomatia. Note de MM. **Antoine Jullien** et **Jean Ripplinger**, présentée par M. Léon Binet.

Dans des publications antérieures, nous avons montré que le cœur isolé et perfusé d'*Hélix pomatia*, battant automatiquement, produit d'importantes quantités d'acétylcholine sans qu'il y ait *apparemment* intervention du système nerveux (1). Dans le présent travail, nous avons recherché comment variaient les taux de l'acétylcholine à l'intérieur du myocarde et dans le perfusat, à la suite de l'excitation électrique du nerf cardiaque, comme aussi les rapports entre ces variations éventuelles et les modifications apportées au rythme cardiaque.

Nous rappelons que l'excitation du nerf cardiaque, d'après les expériences des auteurs, notamment Carlson, confirmées avec quelques variantes par A. Bonnet et A. Jullien (2), provoque, pour une intensité suffisante, l'arrêt du

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 1949 (sous presse).
(2) *C. R. Soc. Biol.*, 134, 1940, p. 135.

cœur en diastole, puis l'organe repart (échappement) malgré la persistance de l'excitation et récupère progressivement ses qualités initiales de fréquence et d'amplitude.

Le ventricule étant *in situ* et perfusé par du Ringer ésériné, on porte sur le nerf cardiaque avec le chariot de Du Bois Reymond, des excitations assez fortes de durées variables : courtes (15 secondes) ou moyennes (30 secondes). Dans chaque série d'expériences, on répète les essais sur plusieurs cœurs afin d'obtenir une masse de myocarde et un volume de perfusat suffisants pour permettre les dosages par la méthode du muscle de sangsue.

Alors qu'au départ les cœurs accusent une quantité d'acétylcholine comprise entre $0^{\gamma},3$ et $0^{\gamma},5$ par gramme, les dosages donnent les résultats suivants :

1° après des excitations courtes (15 secondes) : $7^{\gamma},25$ par gramme ;

2° après des excitations moyennes (30 secondes) : $8^{\gamma},7$ par gramme.

Dans les perfusats, l'acétylcholine ne dépasse jamais 1^{γ} au gramme.

Ainsi, l'excitation du nerf cardiaque développe, dans l'intimité du myocarde, de fortes teneurs en acétylcholine, mais en un temps infiniment plus court que pour les taux produits au cours du fonctionnement automatique du cœur isolé et perfusé sans intervention apparente du système nerveux.

Dans quelle mesure cette libération d'acétylcholine est-elle responsable des effets chronotropes, inotropes et tronotropes enregistrés sur les cardiogrammes? Des essais antérieurs pratiqués sur ce même cœur d'Hélix par A. Jullien, D. Vincent, M. Vuillet et M. Bouchet [3], il résulte que l'acétylcholine, à des doses variant de $1/10^{8}$ à $1/10^{4}$, administrée par perfusion interne, provoque toujours l'arrêt du cœur, non pas en diastole, mais à des niveaux de tonus d'autant plus élevés que la concentration est plus forte et finissant par dépasser le niveau de tonus systolique normal. Or, dans le cas de l'excitation du nerf cardiaque et bien que la concentration de l'acétylcholine intramyocardique oscille entre $1/2,5.10^{5}$ et $1/10^{5}$, l'arrêt se produit toujours en diastole.

D'autres expériences tendent également à prouver que toutes les modalités de l'inhibition cardiaque succédant à l'excitation du nerf cardiaque, ne sont pas à rapporter à l'acétylcholine seule.

D'une part, le cœur étant *in situ*, l'animal ouvert et étalé, on laisse tomber d'une pipette, des gouttes d'une solution d'acétylcholine ésérinée sur le cœur : l'organe s'arrête en systole; si, à ce moment, on excite le nerf cardiaque, l'arrêt se maintient, mais on assiste à un relâchement progressif du tonus qui vient se raccorder au niveau du tonus diastolique initial et qui correspond à celui de l'inhibition physiologique.

D'autre part, en excitant le nerf cardiaque et en maintenant l'excitation, on constate qu'après l'échappement et le retour du cœur à l'activité, des solutions

---

(3) *J. Physiol. et Pathol. gén.*, 37, 1939, p. 562.

d'acétylcholine, appliquées sur l'organe, provoquent, instantanément, un nouvel arrêt. Si l'acétylcholine est seule responsable de l'inhibition initiale, il apparaît anormal que le cœur, insensible à cette substance au moment de l'échappement, soit de nouveau et immédiatemment arrêté par le même produit.

Quant au perfusat, dont la concentration en acétylcholine est faible, administré en perfusion à un cœur neuf, il déclenche seulement un effet inotrope peu durable, comme dans les expériences similaires chez la Grenouille.

En résumé, chez *Helix pomatia*, il est incontestable que l'excitation électrique du nerf cardiaque fait apparaître en un temps très court, d'importantes quantités d'acétylcholine qui, pour la plus grande partie, restent incluses dans le myocarde; mais cette substance ne peut, à elle seule, rendre compte de toutes les modalités de l'inhibition cardiaque succédant à l'excitation électrique des nerfs extrinsèques du cœur.

CYTOLOGIE. — *Données caryologiques sur l'Embioptère* Monotylota Ramburi *Enderl.* Note de M. **Jean Le Calvez**, transmise par M. Louis Fage.

Les Embioptères sont assez bien connus dans leur anatomie et leur écologie, mais comme le signale White ([1]), on ignore tout jusqu'à présent de la Cytologie de cet ordre mineur d'Insectes. Une espèce commune en France méridionale : *Monotylota Ramburi* m'a permis de compléter partiellement cette lacune.



Monotylota Ramburi Enderl. — Plaque métaphasique mâle (spermatogoniale) et femelle (folliculaire). X = hétérochromosome. Grossissement 4000. Acéto-carmin.

Les figures mitotiques furent recherchées chez les mâles dans les divisions spermatogoniales et chez les femelles dans les cinèses folliculaires. 1° *Métaphases spermatogoniales* (*voir* figure). — Chaque testicule est formé de cinq lobes successifs contenant de nombreux cystes évoluant indépendamment. Le fuseau mitotique est court et les chromosomes se disposent en plaque

([1]) *Animal cytology and Evolution*, Cambridge, University Press, 1945.

régulière. Le set diploïde mâle se compose de 21 éléments. Tous les chromosomes appartiennent au type métacentrique. Sur 18 d'entre eux, strictement médiocentriques, 14 (donc 7 paires) ont leurs deux bras un peu plus longs. Une autre paire, située généralement à la périphérie se distingue du reste du set par la possession d'une sorte de gros trabant prolongeant un des deux bras de chaque chromosome. Le 21e chromosome est un élément de grande taille, à bras inégaux de rapport 1/3, dont le plus long pourvu d'une constriction médiane dépasse la longueur totale des petits médiocentriques. Au seul vu des métaphases diploides mâles, cet élément sans partenaire parle en faveur d'un hétérochromosome. Aux interphases et débuts de prophases il apparaît hétéropycnotique.

2° *Métaphases folliculaires* (*voir* figure). — Les plaques équatoriales sont plus larges et moins régulières que dans les testicules. On y compte 22 chromosomes dont les 10 paires autosomiales dénombrées chez le mâle, mais en plus deux grands hétérochromosomes sont présents.

L'hétérogamétie semble donc être mâle et du type XO. Ceci reçoit confirmation après analyse de la méiose spermatocytaire. A la métaphase I aucun complexe sexuel n'est formé, le grand chromosome impair dans le set diploïde reste seul; c'est donc bien un X. Il manifeste une précession intense dès la formation de la plaque équatoriale et atteint l'un des pôles avant que les paires autosomiales ne soient complètement disjointes.

La connaissance du caryotype et du déroulement méiotique d'autres genres d'Embioptères seront nécessaires avant de risquer quelques conclusions concernant la parenté lointaine de cet ordre avec les Perlides, affinité avancée par Crampton et soutenue par quelques auteurs.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Le cycle évolutif de la Fourmi fileuse* (Œcophylla longinoda *Latr.*). Note (*) de M. **André Ledoux**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'étude de la biologie de l'*Œcophylle* nous a permis d'établir les points suivants :

a. La femelle ailée, capturée après s'être envolée du nid, où elle a été fécondée, et mise en élevage isolément, perd ses ailes, pond des œufs de 1^{mm} à 1^{mm},2 de long, lesquels donnent naissance à des ouvrières de petite taille ou *ouvrières minor*. Ces ouvrières sont la première ébauche d'une colonie; elles aident la fondatrice à élever les nouvelles larves. Cependant, la forte mortalité des nouvelles larves rend difficile, dans les conditions naturelles, la réussite de la colonie.

(*) Séance du 11 juillet 1949.

b. Lorsque la colonie comprend un certain nombre d'ouvrières minor, à qui incombe alors entièrement la tâche d'élever le couvain, il apparaît, à partir d'œufs pondus par la femelle fondatrice, des grandes ouvrières ou *ouvrières major*.

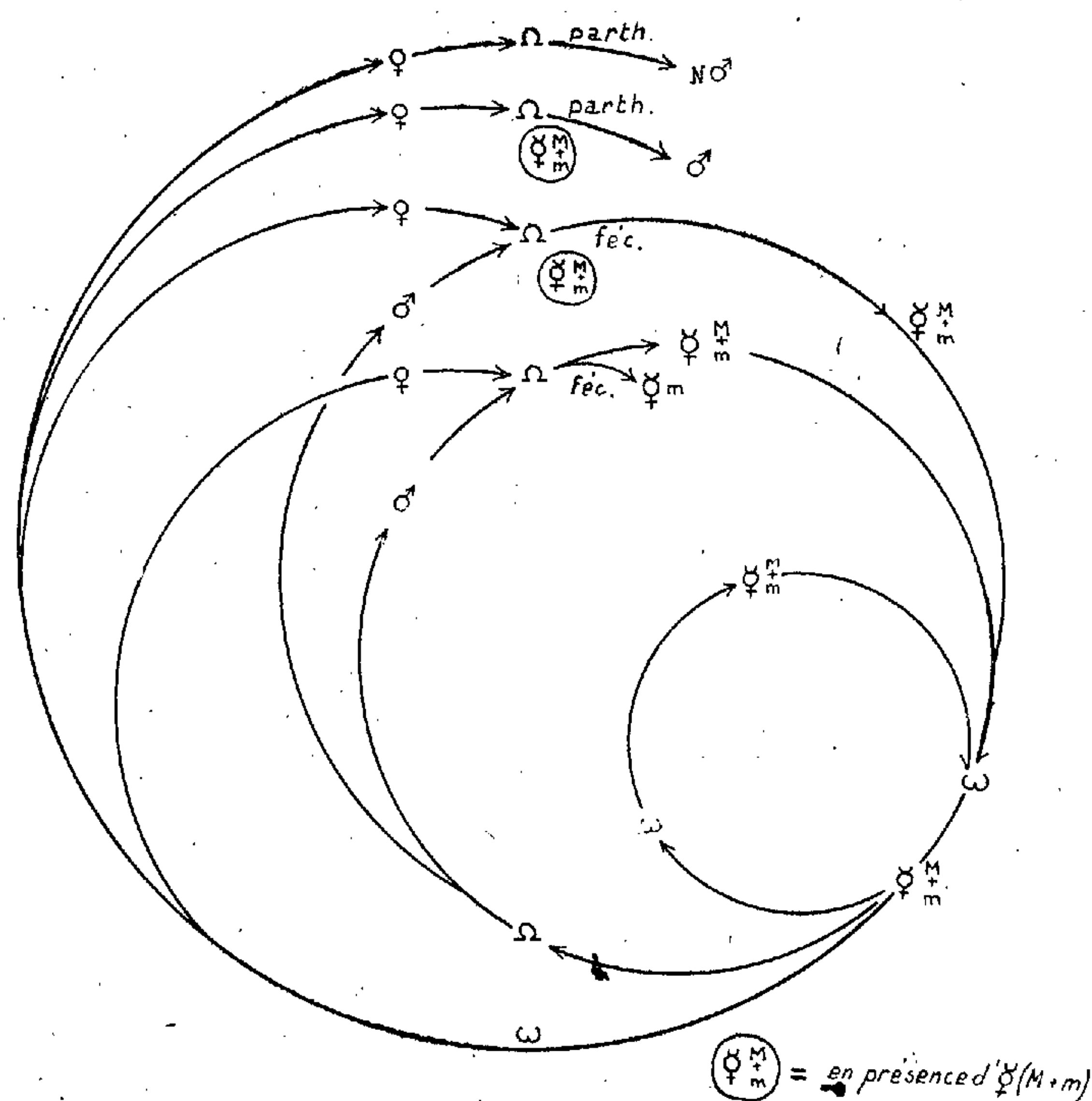


Schéma du cycle évolutif de l'Œcophylle.

Ω, gros œufs; ω, petits œufs; M, ouvrière major; *m*, ouvrière minor; ☿, ouvrière.

c. Un certain nombre d'ouvrières (major et minor) peuvent se séparer de la société originelle, émigrer et construire un nouveau nid. Au bout d'un temps variable, certaines d'entre elles pondent de petits œufs ($0^{mm},6$ de long) qui donnent naissance à des *ouvrières des deux types*. Cette ponte peut s'étendre sur une période assez longue et donner plusieurs générations d'ouvrières. Elle paraît être en rapport avec les conditions trophiques créées par le milieu.

d. A partir d'œufs semblables aux précédents, pondus égalements par les ouvrières, naissent des *femelles ailées*, en nombre toujours restreint.

e. A certaines époques, apparaissent dans des nids *uniquement peuplés d'ouvrières*, de gros œufs de $1^{mm},1$ de long, qui donnent naissance à des mâles.

f. Les femelles ailées restent très longtemps dans les nids où elles sont soignées par les ouvrières et généralement fécondées par les mâles.

g. Certaines femelles sont entraînées par les ouvrières dans des nids nouvellement construits où elles pondent, *sans perdre leurs ailes*. Leurs œufs, soignés par les ouvrières, donnent naissance à des ouvrières des deux types.

h. Si ces femelles n'ont pas été fécondées, leurs œufs engendrent des mâles.

i. Si des femelles non fécondées prennent le vol et s'isolent, leurs œufs (1^{mm},2) fournissent des larves et quelques nymphes de mâles que la femelle isolée ne peut mener à l'état imaginal.

j. Nous n'avons jamais constaté que des œufs fécondés, pondus par la femelle et élevés par les ouvrières, c'est-à-dire dans les meilleures conditions trophiques, donnent naissance à des femelles.

Ces résultats mettent en évidence : 1° Une parthénogénèse arrhénotoque chez la femelle ailée; 2° une parthénogénèse deutérotoque chez l'ouvrière aptère; 3° la succession de ces deux phénomènes.

Jusqu'à ce que soit demontrée la production de femelles ailées à partir d'œufs pondus par des femelles ailées, on peut admettre, chez *Œcophylla longinoda* Latr. l'existence d'un cycle évolutif résumé dans la figure 1.

BIOLOGIE. — *La définition du type asexué chez l'embryon d'Oiseau.* Note (*) de M. **Étienne Wolff**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les recherches récentes (Wolff et collaborateurs) permettent de définir le *type neutre,* ou *asexué,* chez un embryon d'Oiseau. La castration précoce, pratiquée au stade de l'indifférence sexuelle (¹), permet d'obtenir des embryons qui, n'ayant jamais eu de gonades, n'ont jamais été influencés ou imprégnés par les sécrétions de celles-ci. Les différences sexuelles précoces étudiées sont la syrinx et le tubercule génital (Canard) et les canaux de Müller (Poulet et Canard).

1. *Syrinx.* — Chez le *mâle,* forte asymétrie gauche et confluence des anneaux cartilagineux en un organe renflé; chez la *femelle,* organe symétrique et peu renflé. Différenciation sexuelle dès le 12e jour de l'incubation; chez les *castrats des deux sexes,* la syrinx évolue suivant le type mâle (forme neutre). Sa différenciation sexuelle est donc conditionnée par la sécrétion des gonades femelles, inhibitrice de la forme neutre (²).

2. *Tubercule génital.* — La différenciation sexuelle du tubercule génital s'ébauche dès le 12e jour de l'incubation. Chez le *mâle, le tubercule s'enroule en spirale* et s'accroît suivant toutes ses dimensions. Chez la *femelle, le tubercule ne s'enroule pas* et régresse à partir du 14e jour (au 16e jour il mesure 2^{mm},4 en moyenne chez le mâle, 1^{mm},6 chez la femelle). Des *castrats* autopsiés au 16e et 17e jour, montrent un pénis de forme et de dimensions mâles. Ici encore, la forme neutre correspond au type mâle. La différenciation sexuelle est conditionnée par l'action inhibitrice des gonades de l'embryon femelle.

(*) Séance du 4 juillet 1949.

(¹) E. Wolff, *C. R. Soc. Biol.,* séance du 19 février 1949.

(²) E. Wolff et Mme E. Wolff, *Comptes rendus,* 228, 1949, p. 274; *C. R. Soc. Biol.,* séance du 19 février 1949.

3. *Canaux de Müller.* — Chez l'embryon *mâle* ils régressent au 13e jour de l'incubation (Poulet), ou entre le 14e et 17e (Canard). Chez la *femelle*, le canal de Müller gauche se développe en oviducte; le droit régresse par son extrémité céphalique et subsiste sous forme d'un rudiment cloacal.

Les expériences de *castration* (3) ont montré qu'en l'absence de gonades, les deux canaux de Müller se maintiennent et se développent. C'est donc la sécrétion des testicules embryonnaires qui conditionne leur régression totale chez le mâle. C'est une hormone issue des gonades femelles qui détermine la régression proximale du canal Müller droit. Chez des hémi-castrats femelles (*sans ovaire gauche*) la présence de la gonade droite rudimentaire suffit à provoquer cette atrophie.

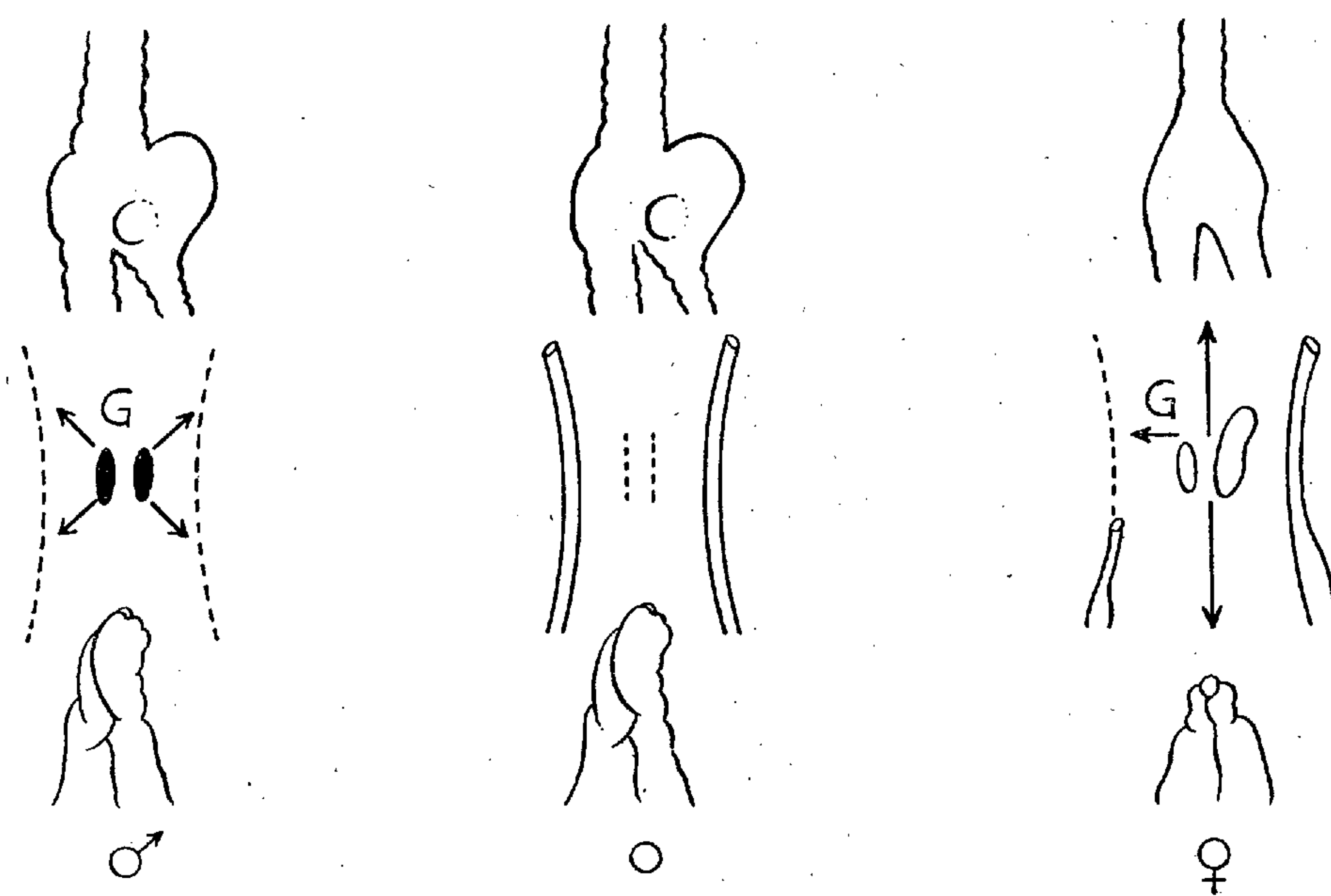


Schéma de l'évolution des caractères somatiques précoces chez l'embryon mâle (*à gauche*), le castrat (*au milieu*) et la femelle (*à droite*). 1re ligne, *syrinx*; 2e ligne, *canaux de Müller*; 3e ligne, *tubercule génital*; G, gonades. Les flèches symbolisent les actions purement inhibitrices des gonades.

Les expériences de *greffes sur la membrane chorio-allantoïdienne* montrent que, jusqu'au 10e jour, les canaux de Müller des Poulets des deux sexes sont équipotentiels. Qu'ils soient issus d'un embryon mâle ou femelle, ils ne régressent pas. Leur évolution régressive est par contre irrévocable à partir du 10e jour chez le mâle.

On remarquera qu'en l'absence de gonades, les trois caractères envisagés évoluent dans un sens positif. La *différenciation sexuelle* résulte d'une *inhibition*

---

(3) E. WOLFF, *C. R. Soc. Biol.*, séances des 19 mars et 18 juin 1949.

exercée par la sécrétion gonadique de l'un des sexes. Pour la syrinx et tubercule génital, c'est l'hormone ovarienne qui est active et inhibitrice. Pour les canaux de Müller, la rudimentation est provoquée par la sécrétion des gonades mâles. La forme neutre des canaux de Müller est plus proche du type femelle que du type mâle. Si le cas de la syrinx et du tubercule génital évoquent le comportement du plumage des Oiseaux adultes, la régression des canaux de Müller suit la même loi chez les Oiseaux et chez les Mammifères [Jost (4)]. Toutefois une différence entre les deux groupes réside dans la régression proximale du canal de Müller droit chez la femelle, sous l'influence de l'une des gonades.

Conclusion. — Le type asexué de l'embryon d'Oiseau correspond au type mâle, pour la syrinx et le pénis (Canard). Il comporte le maintien des deux canaux de Müller; il s'oppose ainsi au type mâle, chez lequel ils régressent complètement, et diffère un peu du type femelle, chez lequel le canal müllérien gauche seul demeure complet (Poule et Canard). Pour ces trois caractères, le soma mâle et le soma femelle sont équivalents.

RADIOBIOLOGIE. — *Recherches expérimentales sur la validité de la loi de réciprocité en radiobiologie.* Note de MM. **Paul Lamarque** et **Pierre Bétoulières**, présentée par M. Léon Binet.

Les opinions sont encore très partagées sur la validité de la loi de Bunsen-Roscoe en radiobiologie et les expériences sont souvent contradictoires. On tend cependant à admettre généralement que cette loi n'est acceptable qu'au delà de certaines limites et que pour des valeurs de l'intensité (ou plus exactement du débit) inférieures à une valeur critique elle ne l'est plus. Les résultats expérimentaux rapportés ci-dessous tendent à donner une confirmation à cette dernière opinion.

Dans des expériences antérieures nous avons montré qu'en irradiant des œufs de *Bombyx Mori* à l'aide de rayons X et des débits de l'ordre de 3000 r/min on obtenait pour des doses de 1400^r environ un arrêt définitif de l'éclosion dans 50 % des populations irradiées d'une façon continue, à la température de 21° C. Avec une source de radium et un débit de 13 r/min et pour un effet du même ordre, il faut environ 2500^r. Ce résultat infirme donc d'une façon définitive la validité de la loi de réciprocité pour de faibles intensités.

Comme on pourrait reprocher à ces expériences la différence qualitative des deux sources de rayonnement utilisées, nous avons procédé à une nouvelle série de recherches en utilisant cette fois exclusivement le radium comme source de rayonnement. Pour ne pas introduire de nouvelles variables nous avons

(4) A. Jost, *C. R. Soc. Biol.*, 140, 1946, p. 774 et 938.

irradié en glacière. Les intensités ont été respectivement de 13, 6,5 et 1,3 r/min.

Les courbes expérimentales pour 13 et 6,5 r/min sont identiques et se superposent exactement toutes les deux à la courbe obtenue avec 3000 r/min. Il faut environ 1400^r pour obtenir l'effet dans 50 % de la population. Pour un débit de 1,3 r/min il faut environ 1550^r pour obtenir le même pourcentage d'effet. On peut alors tracer la courbe dose-intensité et l'on constate qu'elle a une allure identique à celle tracée par Canti et Spear pour des tissus de culture et par Holthusen pour la peau humaine.

Nos courbes montrent donc la non validité de la loi de réciprocité au-dessous d'une intensité critique que nous pouvons situer entre 1,3 et 6,5 r/min pour les spécimens irradiés en glacière. Il reste bien entendu que ces chiffres ne sont valables que pour les œufs de *Bombyx Mori* et pour l'effet choisi.

BIOMÉTRIE. — *Sur la croissance des pattes du Phasme* (Carausius morosus Br.). Note de M. **André Voy**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le développement post-embryonnaire de *Carausius* (*Dixippus*) *morosus* Br. femelle comporte six mues correspondant à six âges successifs, non compris l'imago. L'accroissement de la longueur du corps en fonction de l'âge permet en général de fixer sans ambiguïté l'âge d'un individu quelconque d'une population, surtout lorsqu'il s'agit d'insectes pris dans un élevage soumis à des conditions bien définies (température 18° à 20°, humidité constante, nourriture homogène et abondante). J'ai mesuré, aux divers âges, les longueurs des individus, celles des trois segments thoraciques et de tous les articles des pattes, les largeurs maxima et minima du fémur antérieur. J'ai pris comme dimension type la moyenne d'une vingtaine d'individus.

Phases de la croissance. — Les longueurs du corps, de chaque segment thoracique, les longueurs totales des pattes des trois paires, celles de leurs divers articles, forment approximativement des progressions géométriques régulières pour l'ensemble des six âges larvaires chez la femelle. Chez *Carausius morosus* femelle, les dimensions observées pour l'imago sont nettement inférieures à celles que donne la progression géométrique valable pour les stades larvaires. La dernière mue (mue imaginale) correspond donc, comme chez *Blatta orientalis* femelle, à une phase de croissance, distincte de la phase larvaire, probablement en relation avec la puberté. A la seconde phase de croissance, que j'appellerai phase pré-imaginale, comme chez la Blatte [1], correspond donc un seul âge.

Profil de croissance des pattes. — Pour chaque dimension mesurée, la raison de la progression géométrique larvaire constitue un indice numérique de crois-

---

[1] *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 207.

sance relative. La répartition topographique de ces indices dans les divers articles d'une même patte indique le gradient, ou profil de croissance de l'appendice. Ce profil présente, durant la phase larvaire, une allure analogue dans les trois paires de pattes. Il comprend un minimum dans le trochanter, un deuxième minimum dans le premier article du tarse et un troisième dans le cinquième article du tarse, avec un maximum dans le tibia pour la patte antérieure, dans le fémur pour les pattes moyenne et postérieure; les autres articles présentant des valeurs intermédiaires.

Durant la croissance pré-imaginale, le profil des trois pattes est bien encore comparable dans les quatre premiers articles, avec un minimum dans le trochanter et un maximum dans le fémur pour la patte antérieure, dans le tibia pour les deux autres pattes. Au contraire, dans la région du tarse, il présente un minimum dans le quatrième article et un maximum dans le cinquième pour la patte antérieure, tandis que, dans les deux autres pattes, il comprend un minimum dans le premier et le cinquième article. La puberté se caractérise donc par une différenciation des profils dans les tarses. Les différences régionales dans l'indice de croissance sont d'ailleurs plus accentuées qu'au cours de la croissance larvaire, comme chez *Blatta orientalis*. La comparaison des profils de croissance chez *Blatta orientalis* et *Carausius morosus*, aussi bien dans la phase larvaire que dans la phase pré-imaginale, montre des différences sensibles.

J'ai étudié la croissance en longueur de la patte totale par rapport au segment thoracique correspondant, qui est lui-même isométrique à la longueur du corps ([2]). La patte antérieure se distingue, par une allométrie majorante, des pattes moyenne et postérieure, qui ont une allométrie minorante.

Pour déceler la variation de forme de l'échancrure caractéristique des fémurs antérieurs, j'ai étudié l'allométrie des largeurs maxima et minima du fémur par rapport au premier segment thoracique. Cette croissance est définie par deux lois successives, le passage de l'une à l'autre correspond à la mue pré-imaginale.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'action antagoniste de la d(—) isoleucine sur la croissance de certaines espèces bactériennes* ([1]). Note de M. **Jacques Nicolle**, présentée par M. Louis de Broglie.

I. Dans deux précédentes Notes ([2]) ([3]), nous avons montré que la $l(+)$ isoleucine (antipode naturel) était acceptée comme source de carbone, seule-

([2]) G. Teissier, *Croissance des Insectes* (*Trav. Stat. Biol. Roscoff*, 1931).

([1]) Souches de l'Institut Pasteur de Paris.

([2]) J. Nicolle et Y. Joyeux, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 161.

([3]) J. Nicolle et Y. Joyeux, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1057.

ment par le B. Pyocyanique et comme source d'azote, par neuf espèces bactériennes différentes sur les treize étudiées. La *d* (—) isoleucine, par contre, n'a pu convenir en aucun cas, comme source de carbone, ni comme source d'azote.

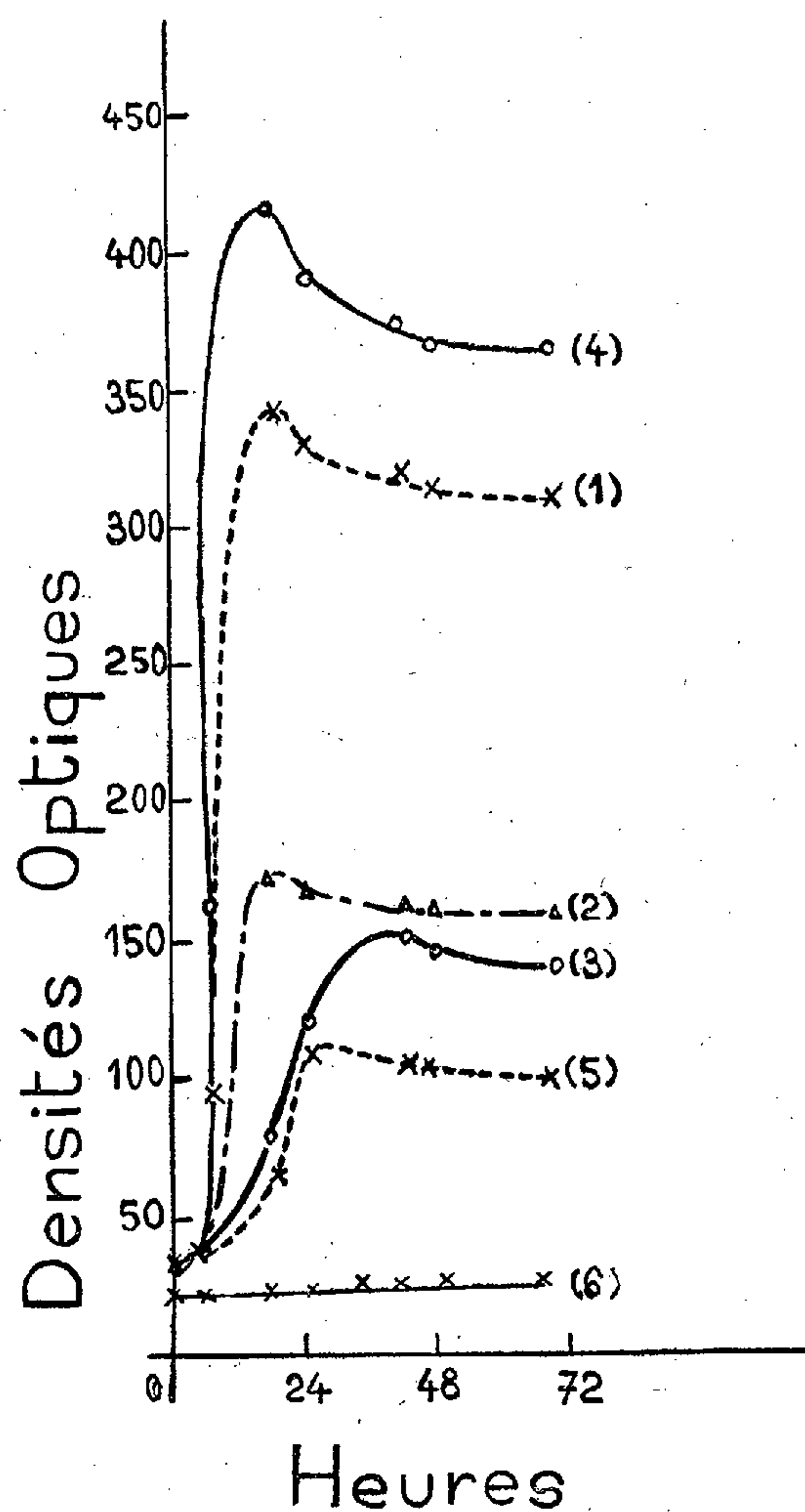


Fig. 1.

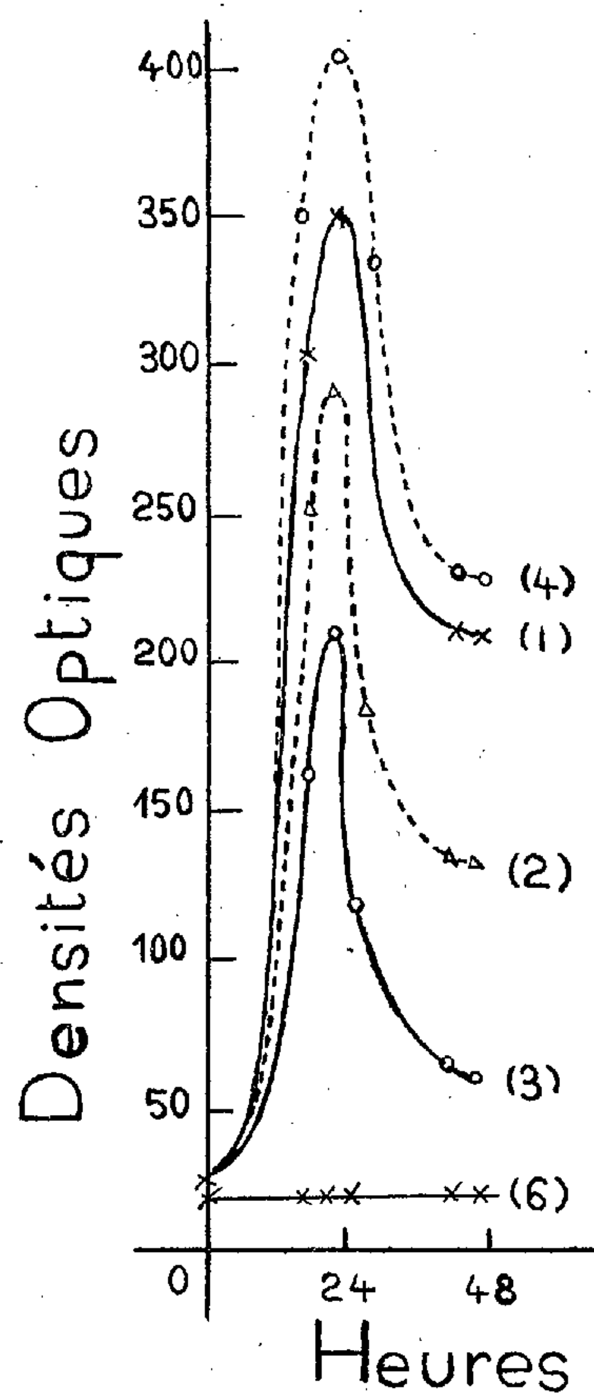


Fig. 2.

Fig. 1. — Souche de *Typhi murium* en milieu synthétique avec *d* (+) glucose. (1) addition de 1^{mg} de *d* (—) isoleucine par cm^3; (2) addition de $2^{mg},33$ de *d* (—) isoleucine par cm^3; (3) addition de $4^{mg},40$ de *d* (—) isoleucine par cm^3; (4) sans *d* (—) isoleucine; (5) témoin sans source de carbone; (6) témoin eau bidistillée.

Fig. 2. — Souche de *E. Coli* en milieu synthétique avec *d* (+) glucose. (1) addition de 1^{mg} de *d* (— isoleucine par cm^3; (2) addition de $2^{mg},33$ de *d* (—) isoleucine par cm^3; (3) addition de $4^{mg},40$ de *d* (—) isoleucine par cm^3; (4) sans *d* (—) isoleucine; (6) témoin eau bidistillée.

II. En raison de ce qui précède, nous nous sommes demandé si l'on pouvait aller plus loin et si la *d* (—) isoleucine ne possédait pas une action antagoniste sur les croissances bactériennes. Dans 300^{cm^3} de notre milieu synthétique habi-

tuel ([4]) contenant en particulier 0g,225 de sulfate d'ammoniaque et 0g,09 de glucose, nous avons introduit dans chaque flacon des doses variables de *d*(—) isoleucine. Nos premières études ont porté sur les espèces suivantes : Typhi murium, E. Coli, Shiga. Il résulte de très nombreuses expériences préliminaires qu'à partir d'une certaine proportion de *d* (—) isoleucine les croissances des espèces envisagées se trouvent diminuées et que pour une certaine concentration, on peut même arrêter complètement toute croissance.

III. Des mesures plus précises nous ont permis de tracer les courbes que nous donnons ci-dessous et qui montrent les variations de croissance par des études de densité optique effectuées au moyen de l'électrophotomètre de Meunier.

IV. Nous avons repris avec la *l* (+) isoleucine, les expériences que nous avons décrites aux titres II et III. Dans ces cas, nous avons obtenu des croissances supérieures à celles réalisées avec le *d* (+) glucose seul, ce qui indique que les actions de ces deux corps s'ajoutent. On voit bien par cette contre-épreuve que la *d* (—) isoleucine agit comme antagoniste.

V. Enfin, ayant à nouveau opéré dans les conditions des titres II et III, nous avons ajouté au milieu des doses croissantes de *l* (+) isoleucine. Pour une proportion de *l* (+) isoleucine double de celle de la *d* (—) isoleucine l'action antagoniste de ce dernier antipode est annulée.

Conclusion. — On peut conclure de ce qui précède que la *d* (—) isoleucine qui ne convient ni comme source de carbone, ni comme source d'azote pour les espèces envisagées, possède une action antagoniste sur la croissance de certaines espèces bactériennes. Une action similaire nous a été révélée par des expériences actuellement en cours en utilisant la *d* (—) valine et la *d* (+) leucine.

Dans nos précédentes Notes ([3]), ([4]), il a été indiqué par erreur *l* (—) isoleucine pour la *d* (—) isoleucine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'absence de transport de phosphate au cours de l'acétylation enzymatique de la choline.* Note (*) de MM. **Nguyen van Thoai**, **Louis Chevillard** et Mme **Sabine Mayer**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'acétylation enzymatique de la choline n'a lieu qu'en présence d'acide adénosinetriphosphorique (ATP) ([1]) ([2]). Le rôle de l'ATP s'expliquerait ([3])

([4]) A. Lwoff, F. Nitti et Mme Tréfouël, *Ann. Inst. Pasteur*, Paris, 67, 1941, p. 177.

(*) Séance du 4 juillet 1949.

([1]) D. Nachmanson et A. L Machado, *J. Neurophysiol.*, 6, 1943, p. 397; D. Nachmanson, H. M. John et M. Berman, *Journ. biol. Chem.*, 163, 1946, p. 475; D. Nachmanson et M. Weiss, *Ibid.*, 172, 1948, p. 677.

([2]) M. A. Lipton et E. S. Guzman Barron, *Ibid.*, 166, 1946, p. 367.

([3]) F. Lipmann, *Adv. in Enzymol.*, 1, 1941, p. 153 et 6, p. 260.

par la formation d'acétylphosphate labile, dont le groupement acétyle se fixerait sur la choline. Cependant, l'importance du transport des groupements phosphoryl au cours de l'acétylation n'a pas été étudiée d'une façon précise. Leur évolution depuis la dégradation de l'ATP jusqu'à la formation de l'acétylphosphate et la libération des restes phosphoriques, ou la formation éventuelle de nouvelles liaisons phosphoriques, méritaient d'être suivies parallèlement à la formation de l'acétylcholine. Nos recherches ont porté sur des extraits de cerveau et de Bourse à pasteur (*Capsella bursa pastoris*).

Du cerveau frais de porc ou de mouton est broyé avec une solution 0,2 M de phosphate (pH 6,5). Après centrifugation, l'extrait est immédiatement utilisé (préparation I), ou traité à — 7°C par un volume égal d'acétone. Après élimination du précipité, le liquide maintenu à — 7°C est porté successivement à des concentrations en acétone de 65 et 80 %. Les deux derniers précipités formés sont dissous dans du tampon phosphaté 0,2 M (pH 6,5); ils fournissent les préparations enzymatiques 2 et 3. La préparation 4 est obtenue de la même manière que la préparation 3. Des plants frais de Bourse à pasteur sont broyés avec 2 volumes d'eau; après filtration, l'extrait est porté à pH 4,6, puis filtré et refroidi à + 1°C. On ajoute 1 volume d'acétone froide (— 7°C.). Après centrifugation, le précipité est éliminé et le liquide porté à — 7°C, puis traité par 6 ou 7 volumes d'acétone froide. Après centrifugation, le nouveau précipité est dissous dans de l'eau bidistillée.

La synthèse s'opère dans des fioles de Warburg à 37°C en présence de FNa 0,01 M, chlorhydrate de choline 0,004 M, acétate de Na 0,004 M, citrate de Na 0,01 M, chlorhydrate de cystéine 0,015 M. Le volume total, égal à 5^{cm^3}, contient en outre $2^{mg},5$ d'ésérine, 15^{mg} d'ATP et 1^{cm^3} de solution enzymatique. Après 1 heure d'agitation, l'acétylcholine est dosée physiologiquement par son action sur le muscle droit de grenouille ésériné.

Le phosphore minéral et le phosphore labile (hydrolyse 7′ en milieu HCl normal) de l'ATP sont dosés au début et à la fin de la synthèse (méthode Briggs-Robison modifiée). Comme l'acidité relativement forte du réactif Briggs-Robison pourrait provoquer l'hydrolyse de dérivés labiles, tels que l'acétylphosphate, le dosage du P minéral est fait à la fois par la méthode de Briggs-Robison et celle de Lowry-Lopez ([4]). Cette dernière, conduite soigneusement, ne donne pas lieu à plus de 10 % d'hydrolyse de l'acétylphosphate ([5]). La teneur en protéines des solutions enzymatiques est appréciée par microkjeldahl et par la méthode au biuret de Hogden-Robinson.

Nous rapportons ci-après quelques résultats caractéristiques. Les chiffres expriment, d'une part, le nombre de γ d'acétylcholine formés en 1 heure en présence de 1^{mg} de protéine et, d'autre part, le nombre de γ de P dosé par $0^{cm^3},1$ de prise d'essai.

Les préparations de cerveau comme celles de Bourse à pasteur sont douées d'une forte activité acétylante : moins actives que les préparations de ganglions de poulpes [Nachmanson et Weiss ([1])], elles le sont plus que les préparations

([4]) *Journ. biol. Chem.*, 162, 1946.

([5]) F. LIPMANN et C. C. TUTTLE, *Ibid.*, 153, 1945, p. 371.

de cerveau obtenues par Nachmanson ou par Lipton. La formation de l'acétylcholine est réelle, et les mesures physiologiques ne traduisent pas simplement une réaction du muscle à la choline, sous l'effet sensibilisateur de l'ATP. Selon Babskii et Minaev ([6]) les extraits bouillis de cerveau et également l'ATP peuvent sensibiliser le muscle droit de grenouille à la choline et à l'acétylcholine et le dosage physiologique traduirait plus cet effet sensibilisateur qu'une formation effective d'acétylcholine.

Préparations.		Acétyl-choline formée.	P minéral (*). Initial.	P minéral (*). Après 1h.	P labile. Initial.	P labile. Après 1h.
a. Cerveau	1	2,6	66-66	64-60	120	118
	2	0,8	96-98	96-92	110	108
	3	5	82-90	80-82	136	132
	4	8	12-12	13-13	56	60
b. Bourse à Pasteur	1	0,9	3,2-3,2	2,4-2,4	33	33
	2	7,3	1,2-1,2	1,2-1,2	32	32
	3	9,1	4 -4	4 -4	36	36
	4	9,6	6 -6	6 -6	32	33

(*) Le chiffre de P minéral initial est plus ou moins fort selon que l'enzyme a été dissous dans l'eau ou dans une solution de phosphate.

Dans les essais de contrôle faits à cet égard, nous avons observé que la sensibilisation du muscle à la choline est très faible et ne peut altérer nos dosages. La sensibilisation à l'acétylcholine due à l'action de l'ATP se montre parfois très importante, mais une dilution adéquate des liquides destinés au dosage permet de l'éviter. Nous nous sommes prémunis contre cette sensibilisation en étalonnant au préalable le muscle ésériné avec des concentrations connues d'acétylcholine, avec et sans ATP.

En tous cas, malgré une formation réelle d'acétylcholine, les teneurs en P minéral et en ATP ne changent guère au cours de la réaction. On n'observe ni libération de P minéral, ni dégradation de l'ATP. Celle-ci devrait être apparente, même s'il y avait transfert de groupements phosphorylés sur un accepteur de phosphate (choline) et formation de nouvelles liaisons phosphoriques. D'ailleurs la phosphorylcholine ne peut, selon des essais de Lipmann, constituer un précurseur de l'acétylcholine, ce qui exclut la présence de tout accepteur de phosphate de la formation de nouveaux dérivés phosphoriques.

En l'absence de tout transfert de groupements phosphorylés susceptibles d'être mis en évidence, la question se pose de savoir si, comme l'admettent divers auteurs, l'acétylation de la choline est couplée à un phénomène de transphosphorylation. Nos observations ne sont pas favorables à cette manière de voir.

([6]) *Biochimia*, **12**, n° 3, 1947, p. 231.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Adaptation d'*Esch. coli *au d-sorbitol en présence d'acides aminés.* Note (*) de M. **Albert Jean Rosenberg**, présentée par M. Maurice Javillier.

Comme il n'y a encore que peu d'exemples de formation d'enzyme adaptatif par des bactéries non proliférantes, exemples qui sont d'ailleurs sujet à discussion [1], nous donnons dès maintenant une partie de nos résultats sur l'adaptation au *d*-sorbitol de suspensions d'*Esch. coli* (souche M) lavé, en présence d'un seul acide aminé, acide $l(+)$ glutamique, acide $l(-)$ aspartique ou $l(+)$ alanine.

On centrifuge des cultures faites sur hydrolysat de caséine gélosé, en fioles de Roux et âgées de 10 heures. On lave le culot avec du chlorure de sodium à 5 ‰ et l'on remet en suspension dans le tampon phosphaté de Sörensen à pH 6,5. L'absorption d'oxygène est mesurée dans l'appareil de Warburg; le contenu des fioles est indiqué dans les légendes des figures 1 et 2.

La courbe 1 de la figure 1 représente la consommation d'oxygène en présence de *d*-sorbitol seul; cette consommation n'est pas plus forte que celle des suspensions bactériennes sans sorbitol. Avec le mélange de *d*-sorbitol et d'acide $l(+)$ glutamique (courbe 4, *fig.* 1), la consommation d'oxygène, après 25 minutes, commence à dépasser celle du glutamate seul (courbe 3, *fig.* 1), pour devenir de plus en plus importante. Elle dépend, en outre de la quantité de *d*-sorbitol présente. La densité optique de la suspension bactérienne ne varie pas au cours de l'expérience. Après 210 minutes, on centrifuge le contenu de la fiole et l'on remet les bactéries en suspension dans le tampon additionné de *d*-sorbitol seul. La courbe 1 de la figure 2 représente l'absorption d'oxygène et montre que le *d*-sorbitol, seul, est oxydé, grâce à l'adaptation qui s'est faite en présence d'acide glutamique et de *d*-sorbitol.

L'acide $l(-)$ aspartique et la $l(+)$ alanine (courbe 6, *fig.* 1) permettent également l'adaptation. L'acide aspartique est plus actif que l'alanine. En présence d'acide *d*-glutamique, de *d*-alanine, d'arginine, de leucine, de méthionine ou de sulfate d'ammonium, qui ne sont pas métabolisés, on ne constate pas la formation d'enzyme adaptatif. Quant à la sérine, bien qu'elle soit désaminée oxydativement, elle ne provoque pas la formation d'enzyme adaptatif.

Ces résultats montrent que l'acide aminé doit être métabolisé par *Esch.coli* en présence de *d*-sorbitol pour permettre l'adaptation.

Mais le fait que l'acide aminé est oxydé ne suffit pas pour provoquer la formation de l'enzyme adaptatif, comme c'est le cas pour la sérine. De plus, parmi les acides aminés qui sont oxydés, permettant l'adaptation, certains sont plus

(*) Séance du 11 juillet 1949.

(1) J. Monod, *Growth Symp.*, 11, 1947, p. 223.

actifs que d'autres. L'acide glutamique et l'acide aspartique sont très actifs, l'alanine l'est beaucoup moins. Il est probable que les acides aspartique et glutamique agissent non seulement parce qu'ils sont nécessaires à la formation de l'enzyme, mais aussi parce qu'ils peuvent jouer un rôle dans la transamination et faciliter ainsi le réarrangement des protéines.

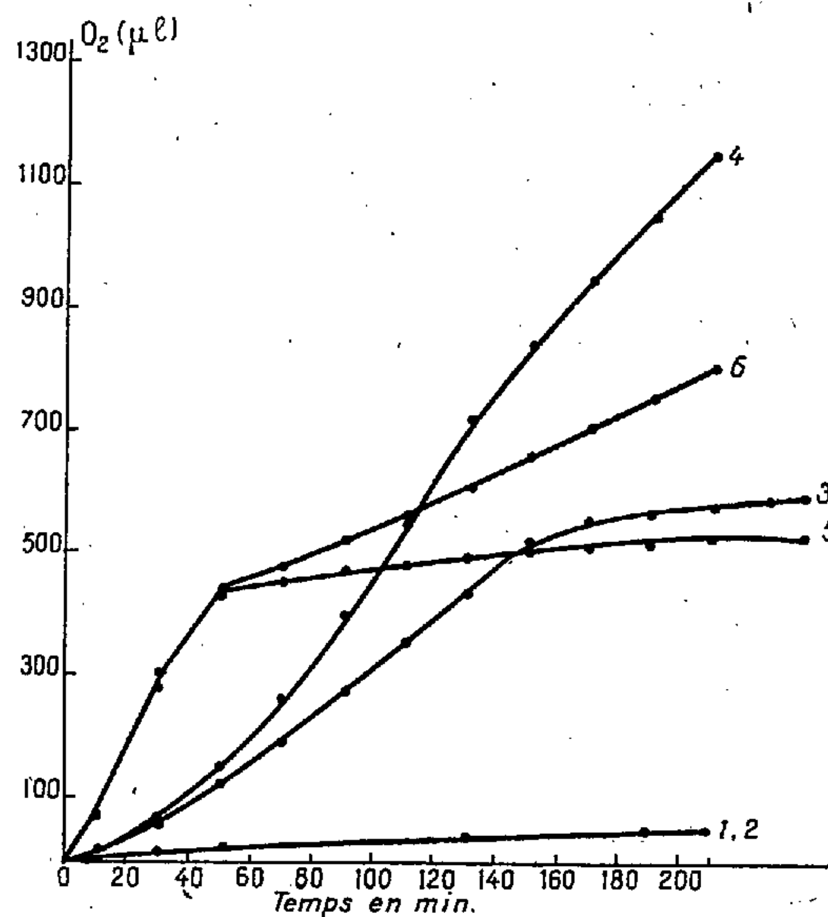


Fig. 1.

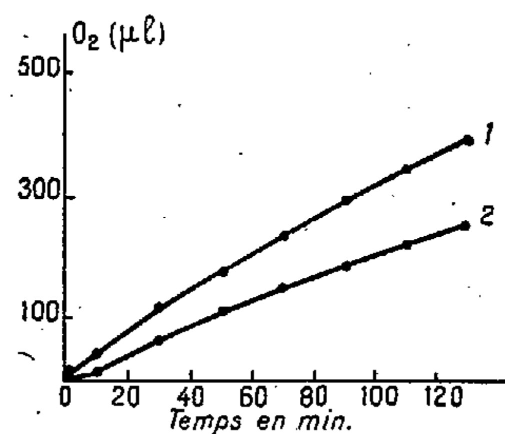


Fig. 2.

Fig. 1. — Courbe (1), 1^{mg},3 de bactéries (poids sec) dans le tampon de phosphate M/10, pH 6,5; courbe (2), comme (1) + 0$^{cm^3}$,2 de *d*-sorbitol M/20; courbe (3), comme (1) + 0$^{cm^3}$,2 d'acide *l* (+) glutamique M/20; courbe (4), comme (3) + 0$^{cm^3}$,2 de *d*-sorbitol M/20; courbe (5), comme (1) + 0$^{cm^3}$,2 de *l* (+) alanine M/20; courbe (6), comme (5) + 0$^{cm^3}$,2 de *d*-sorbitol M/20, Volume : 3$^{cm^3}$,0 + 0$^{cm^3}$,2 NaOH 10 %. Température 37° C. Gaz : air.

Fig. 2. — Courbe (1), bactéries adaptées en présence de *l* (+) acide glutanique + 0$^{cm^3}$,2 de *d*-sorbitol courbe (2), bactéries adaptées en présence de *l* (+) alanine + 0$^{cm^3}$,2 de *d*-sorbitol.

Pollock et Wainwright (²) ont étudié la formation de nitratase et de tétrathionase en présence de mélanges d'acides aminés et de facteurs de croissance. Les mélanges contenant les acides aspartique et glutamique sont moins actifs que ceux qui contiennent d'autres acides aminés. Il semble donc que l'activité des acides aminés soit liée à la nature du substrat, qui, dans un cas, est une substance azotée, et dans l'autre, un polyalcool, c'est-à-dire qu'elle est liée à la fonction ultérieure de l'enzyme.

Il est probable que la formation de l'enzyme adaptatif se fait avec les bactéries non proliférantes, en présence d'un seul acide aminé, par réarrangement des protéines ou d'autres enzymes en se modelant sur les substrats. Pour ce réarrangement, certains acides aminés sont plus actifs que d'autres, la différence d'activité étant liée à la fonction ultérieure de l'enzyme.

(²) *Brit. Journ. Exp. Path.*, **29**, 1948, p. 223.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Formation de la vitamine* D_3 *à partir du cholestérol en milieu ionisant sans irradiation. Signification biologique possible.* Note de MM. **Yves Raoul, Jean Chopin, Paul Meunier,** Mme **Andrée Guérillot-Vinet** et Mlle **Noellie le Boulch**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons montré (¹) qu'en milieu ionisant, le calciférol se transforme en tachystérol et que celui-ci fait retour au calciférol dès que cessent complètement les conditions ionisantes. Le calciférol retrouvé présente une activité anti-rachitique normale. Un équilibre variable entre les deux stéroïdes s'observe d'ailleurs spontanément dans beaucoup de solvants non donneurs d'électrons. La présente Note montre que le *cholestérol* lui-même peut, en milieu ionisant, se transformer d'une façon plus ou moins abondante en vitamine D_3.

On dissout à chaud 1^g de cholestérol dans 20^{cm^3} du réactif formé d'une solution à 0,5 % de chlorure d'acétyle dans le dichloréthane. On abandonne 12 heures à température ordinaire et sépare le précipité formé. Le liquide présente alors, dans l'ultraviolet, une absorption importante avec maximum entre 280 et $290^{m\mu}$, caractéristique du tachystérol. Après évaporation sous vide, on reprend le résidu par 10^{cm^3} d'alcool éthylique ou méthylique et abandonne à $-20°$ C pendant quelques jours. Il se forme encore un précipité de stérol partiellement transformé (²) et la solution présente le spectre caractéristique de la *vitamine* D, avec maximum à $265^{m\mu}$.

Le rendement de la réaction ainsi conduite est, en vitamine D_3, de l'ordre de 2 à 5 % du cholestérol de départ et atteint 15 % du précipité intermédiaire. En milieu plus dilué (6^{mg} de cholestérol dans 20^{cm^3} de réactif), le rendement atteint 30 % du cholestérol mis en œuvre. L'activité anti-rachitique sur le Rat confirme les estimations tirées de l'absorption à $265^{m\mu}$ (avec $E^{1\%}_{1\,cm} = 500$ et $1^{mg} = 40\,000$ U I).

L'expérience précédente rappelle l'obtention de produits anti-rachitiques à partir du cholestérol traité par les terres acides ou le réactif de Liebermann, étudiée après Bills (³), par Eck, Yoder et leurs collaborateurs (⁴). Aussi avons-nous examiné cette réaction : $1^g,3$ de cholestérol est dissous dans 20^{cm^3} d'acide acétique renfermant $1^g,275$ d'anhydride acétique et 1^g d'acide sulfurique. Il apparaît la coloration verte connue; l'on chauffe à l'ébullition; la teinte vire au brun. On maintient 3 heures à l'étuve à 85°. A ce moment le spectre dans l'ultraviolet montre un épaulement bien marqué à $285^{m\mu}$. On abandonne à température ordinaire pendant quelques jours. Il se forme un

(¹) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1064.

(²) Le corps précipité (P. F. 100°, transparent à 120°) présente, aussitôt après sa formation, une réaction au trichlorure d'antimoine bleue, analogue à celle du 7 oxy-cholestérol, puis, après vieillissement, une réaction rosée avec bande unique à $500^{m\mu}$.

(³) *Journ. Biol. Chem.*, **67**, 1926, p. 753.

(⁴) *Journ. Biol. Chem.*, **128**, 1939, p. 257 et, récemment, *Ibid.*, **178**, 1949, p. 363.

dépôt cristallin qu'on lave à l'acide acétique bouillant et l'on recristallise dans le dichloroéthane. Ces cristaux fondent à 215-225° avec décomposition et ne sont guère solubles que dans le chloroforme et le benzène. $(\alpha)_D = -16°$(chloroforme). Absorption dans l'ultraviolet de type *tachystérol* avec maximum à 285-290$^{m\mu}$ dans le chloroforme ($E^{1\%}_{1cm} = 520$). Analyse : trouvé C 86,80 %; H 11,84 %; calculé pour $C_{54}H_{86}O$, C 86,33 %; H 11,54 %; P M théorique pour $C_{54}H_{86}O$: 751 trouvé : 690. La structure probable du corps isolé est celle d'un éther-oxyde de tachystéryle; il n'a aucune activité anti-rachitique.

Si l'on chauffe le corps précédent dans un mélange de dichloréthane et d'acide acétique à parties égales pendant 15 minutes, puis évapore sous vide et reprend par l'alcool, l'absorption ultraviolette se déplace de 285 à 265 mμ, cette dernière caractéristique de la vitamine D. Les eaux-mères de la réaction de Liebermann, après précipitation de l'éther-oxyde de tachystéryle, présentent aussi le spectre caractéristique de la vitamine D correspondant à l'activité anti-rachitique signalée depuis longtemps par Bills, puis par Eck et ses collaborateurs.

Ces expériences montrent que ce n'est pas la sulfonation qui est la cause de la transformation du cholestérol en produit anti-rachitique. Il se forme réellement une vitamine D par l'intermédiaire de *tachystérol* sous la seule influence d'*ionisations* d'origines variées (chlorure d'acétyle, anhydride acétique, acide sulfurique), comme deux d'entre nous l'avaient envisagé dès 1947 ([5]).

Il est d'autre part possible de mettre en évidence des équilibres entre tachystérol et la vitamine D maintenus en milieu aqueux à la faveur des propriétés mouillantes de corps formés au cours de ces réactions; nous avons pu faire la même observation dans des produits de saponification de foies de rats. Dans ce cas, le tachystérol apparaît stable en milieu alcalin et l'acidification tend à le transformer en vitamine D. Il n'est donc pas impossible que les réactions que nous décrivons plus haut soient réalisables *in vivo*. Elles confirment en tout cas que la synthèse de la vitamine D peut se réaliser sans le secours de réactions photo-chimiques.

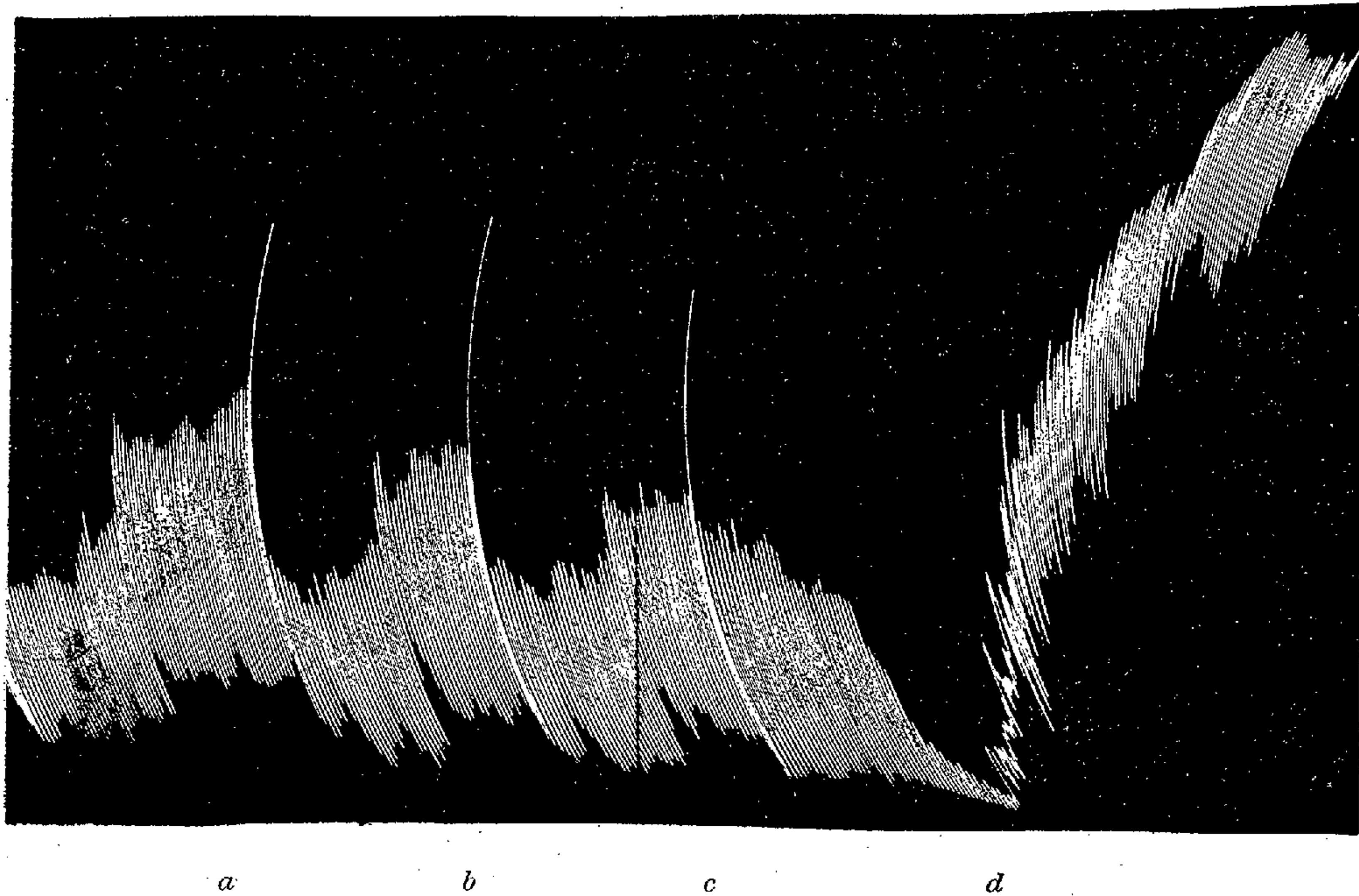
CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse biologique du coenzyme de la diastase acétylante (coenzyme A) à partir de pantothénate et de glutamate, par les suspensions lavées de* Clostridium saccharobutyricum GR_4. Note de M. **Georges N. Cohen**, Mme **Germaine Cohen-Bazire** et M. **Bruno Minz**, présentée par M. Maurice Javillier.

Lipmann et ses collaborateurs ([1]) ont montré que le coenzyme A, nécessaire aux acétylations biologiques, y compris celle de la choline, contient de l'acide

([5]) P. Meunier et A. Vinet, *Chromatographie et mésomérie*, 1947, p. 113.

([1]) F. Lipmann, N. O. Kaplan, G. D. Novelli, L. C. Tuttle et B. Guirard, *J. Biol. Chem.*, 167, 1947, p. 869.

pantothénique. Le ou les autres constituants organiques du coenzyme A sont encore inconnus. Nos observations nous ont permis d'identifier un de ces constituants : l'acide glutamique.



Intestin d'un lapin éthyroïdé. Actions du couple adrénaline-choline (concentrations finales d'adrénaline dans le Tyrode : $5 \cdot 10^{-9}$ M; choline : $4 \cdot 10^{-5}$ M) en présence :

a, de suspension bactérienne seule; *b*, de suspension incubée avec du glucose et du pantothénate; *c*, de suspension incubée avec du pantothénate et du glutamate; *d*, de suspension incubée avec du glucose, du pantothénate et du glutamate. (Nous avons vérifié que le glutamate n'a aucun effet sur l'intestin de lapin éthyroïdé). L'effet obtenu en *d* est causé par une quantité de coenzyme A correspondant à une concentration finale de pantothénate dans le Tyrode de $1,5 \cdot 10^{-7}$ M.

Au cours d'études sur la fermentation butyrique, nous avons observé [2] que le *d*[2-(pantoylamino) éthylsulfono] 4-nitroanilide inhibe l'acétylation conduisant à la synthèse d'acide butyrique à partir de pyruvate chez *Cl. saccharobutyricum* GR_4. Trois autres analogues de l'acide pantothénique, dont la pantoyltaurine, ne provoquaient pas une telle inhibition.

Nous avons montré [3] que la pantoyltaurine, qui est sans action sur l'acétylation de la choline provoquée par l'action du couple adrénaline-choline sur l'intestin normal, inhibe la synthèse de l'acétylcholine par l'intestin

(2) G. N. Cohen et G. Cohen-Bazire, *Ann. Inst. Pasteur* (sous presse).

(3) G. N. Cohen et B. Minz, *C. R. Soc. Biol.*, séance du 25 juin 1949 (sous presse).

(4) B. Minz et G. N. Cohen, *C. R. Soc. Biol.*, même séance (sous presse).

thyroxiné d'un lapin préalablement éthyroïdé. Nous avons expliqué ces faits ([4]) en montrant que la thyroxine intervient dans la synthèse du coenzyme A à partir de pantothénate. L'intestin d'un animal éthyroïdé est incapable de réaliser cette synthèse. La thyroxine, par son intervention dans la synthèse du coenzyme A, permet la synthèse de l'acétylcholine. L'intestin du Lapin éthyroïdé ne peut donc réaliser la synthèse de l'acétylcholine qu'en présence de coenzyme A préformé et constitue ainsi un test de recherche de ce dernier.

Alors que la pantoyltaurine inhibe la synthèse du coenzyme A, le *d* [2(pantoylamino) éthylsulfono] 4-nitroanilide inhibe la synthèse d'acide butyrique même en présence de coenzyme A préformé et se comporte donc comme un analogue du coenzyme A plutôt que comme un analogue de l'acide pantothénique. Cet inhibiteur étant une amide de la pantoyltaurine, nous avons pensé, appliquant les idées de Woods ([5]) sur les antimétabolites, que le coenzyme A pouvait contenir dans sa molécule un groupe amide de l'acide pantothénique.

Nous avons été ainsi amenés à réaliser des synthèses biologiques de coenzyme A par des suspensions lavées de *Cl. saccharobutyrium* GR_4 en présence de pantothénate et de divers amino-acides. Les suspensions lavées sont incubées dans le vide à 37°C, en tampon phosphaté à pH 7 en présence de glucose 10^{-1} M, de pantothénate de Ca 3.10^{-5} M et de divers amino-acides 2.10^{-2} M.

Le test de l'intestin de Lapin éthyroïdé nous a permis de constater qu'il ne se produit de synthèse de coenzyme A qu'en présence d'acide glutamique; aucun des autres amino-acides essayés ne conduit à un produit actif.

La figure en fournit la preuve. On voit que l'incubation doit obligatoirement être faite en présence de glucose. Après action du coenzyme A synthétisé par les bactéries, on assiste souvent à une sensibilisation de l'intestin à l'action du couple adrénaline-choline, comme si l'organe était chargé en coenzyme A. Nous avons pu constater en outre que la synthèse du coenzyme A par les suspensions lavées à partir de pantothénate et de glutamate est inhibée par la pantoyltaurine (7.10^{-3} M).

Il découle de ces expériences que l'acide glutamique fait partie intégrante de la molécule de coenzyme A; son mode de liaison avec l'acide pantothénique reste à préciser.

([5]) *Brit. J. exp. Path.*, 21, 1940, p. 74.

MICROBIOLOGIE. — *Virulence du* Mycobacterium smegmatis. Note (*) de MM. **Constantin Levaditi**, **Aron Vaisman** et **Pierre Lévy**, présentée par M. Gaston Ramon.

Ainsi que nous l'avions annoncé dans une Note précédente ([1]), le *Mycobacterium smegmatis*, bactérie acido-résistante isolée du smegma, se révèle virulente pour la Souris dans les mêmes conditions où la souche 607 exerce une activité pathogène de tout premier ordre. Diverses souches de *Micobacterium smegmatis* ont été cultivées par Alvarez et Tavel ([2]) (1883), Kruse (1896), Migula, entre autres ([3]). Parmi ces souches, la n° 101, conservée à la Collection américaine et au Laboratoire d'Hygiène de Washington, a été étudiée par Hagan et Levine ([4]). Celle qui a servi à nos essais (A 169) nous a été confiée par P. Hauduroy, qui l'avait obtenue lui-même de R. S. Weiser ([5]). (Université de Washington).

Des souris reçoivent, par voie intraveineuse, 1^{mg} (poids humide) d'une culture sur gélose peptonée ordinaire, âgée de huit jours. La mortalité (entre trois et dix-huit jours) fut de 42, 8 %. La grande majorité des sujets montrèrent, dès le dixième jour, des symptômes névraxiques (agitation, instabilité, tremblements de la tête, roulement latéral, parésies, paralysies).

I. *Histologie pathologique et taux bacillaires.* — 1° *Cerveau.* — Méningite, périvascularite, surtout présence, dans 63 % des cas, de nombreux abcès miliaires (polynucléaires partiellement caryolysés au centre, monocytes à la périphérie; tendance à l'enkystement). L'intensité de ces lésions (entre + et ++++) atteignait 82 %. Ces abcès étaient intensément bacillifères et contenaient des mycobactéries filamenteuses, souvent à disposition radiaire; 2° *Rein.* — Mêmes abcès localisés soit dans la corticalité, soit dans la zone papillaire (+ à +++ dans 85 % des cas). Ces altérations étaient bacillifères (+ à ∞) dans 63 % des cas; 3° *Poumons.* — Lésions moins accusées et plus rares (31 % des cas). Chez 23 % des souris, les altérations pulmonaires

---

(*) Séance du 4 juillet 1949.

([1]) C. Levaditi, A. Vaisman et P. Lévy, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 161.

([2]) *Arch. Physiol.*, 6, 1883, p. 203.

([3]) Hauduroy, *Inventaire et description des bacilles para-tuberculeux*, 1946, Paris, Masson, éditeur.

([4]) *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 34, 1932, p. 729. Les auteurs ont constaté des lésions bacillifères chez des cobayes contaminés par voie intrapéritonéale.

([5]) *Proceed. Soc. exp. Biol. Med.*, 66, 1947, p. 206.

contenaient des bacilles acido-résistants (+ + à ∞); 4° *Rate et foie.* — Lésions insignifiantes, soit totalement a-bacillaires, soit pauci-microbiennes (37 et 57 %).

Il en résulte que la souche de Mycobacterium smegmatis (n° A 169), *inoculée à la Souris par voie sanguine, provoque des symptômes névraxiques et, souvent, la mort, par suite de l'éclosion d'abcès miliaires bacillifères dans le névraxe, le rein et le poumon. Ces lésions, radicalement différentes de celles déclenchées par le* Mycobacterium tuberculosis *virulent humain ou bovin, semblent s'atténuer vers la fin de l'essai, chez les animaux survivants.*

II. *Effets de la streptomycine.* — Le traitement streptomycinique des souris contaminées au préalable (2000 U/20^{g} quotidiennement), a réalisé une stérilisation microbienne radicale du cerveau, des reins et du poumon entre le 12e et le 39e jour (intégrité lésionnelle). Absence totale de symptômes névraxiques.

Ajoutons que nous avons examiné, par la même technique, la virulence pour la Souris d'une dizaine d'autres souches de bacilles acido-résistants paratuberculeux, sans en découvrir une seule comparable aux souches 607 et *smegmatis*.

Conclusion. — *La souche* A 169 *de* Mycobacterium smegmatis *est pathogène pour la Souris et capable de provoquer la mort dans* 42 % *des cas. La streptomycine se révèle thérapeutiquement efficiente. A remarquer l'affinité sélective de cette souche (comme d'ailleurs de la* 607) *pour le névraxe, le rein et, à un degré moindre, pour le poumon.*

MICROBIOLOGIE. — *Mise en évidence d'anticollagénases naturelles.* Note (*) de M[mes] **Slavka Mrchevitch** et **Marcelle Delaunay**, présentée par M. Gaston Ramon.

Les collagénases sont des enzymes nouvellement identifiés qui sont capables de détruire la substance collagène *in vivo* aussi bien qu'*in vitro* et dont l'une de nous poursuit en ce moment l'étude ([1]). L'activité collagénasique peut être inhibée par un anticorps spécifique. Nous nous sommes demandé s'il n'existai pas également des anticollagénases naturelles, de nature fermentaire, et nous avons songé à rechercher d'abord celles-ci dans différents complexes antagonistes dont la richesse en enzymes a été établie par G. Ramon et R. Richou ([2]).

(*) Séance du 11 juillet 1949.

([1]) M. Delaunay, M. Guillaumie et A. Delaunay, *Ann. Inst. Pasteur*, 76, 1949, p. 16.

([2]) *Voir*, par exemple, *Presse Méd.*, 53, 1948, p. 625.

Nous avons utilisé, d'une part, deux toxines microbiennes et de l'autre, cinq complexes antagonistes. Les toxines provenaient du filtrat de culture de *Cl. perfringens* type A. La première (souche S. S.) était plus riche en lécithinase et moins riche en collagénase que la seconde (souche Lechien). Deux complexes antagonistes correspondaient aux filtrats de culture de deux *Bacillus subtilis* différents [souche Byling et souche S. N. C. F.), les autres à trois filtrats de culture non formolés d'Actinomyces griseus]. Tous ces complexes n'exerçaient à eux seuls, *in vitro*, aucun pouvoir collagénasique; injectés dans la peau du Cobaye ($0^{cm}5$ par injection), ils provoquaient localement la formation d'un œdème sans nécrose. Le filtrat Lechien, injecté dans les mêmes conditions, ne provoquait pas, lui non plus, de lésion nécrotique. En revanche, le filtrat S. S. entraînait une dermonécrose extrêmement étendue.

Chacun des deux filtrats perfringens a été mélangé en parties égales (2^{cm^3}) avec l'un ou l'autre des cinq complexes antagonistes. Deux séries de préparations ont été ainsi faites (les témoins étant représentés par les filtrats perfringens dilués au demi avec de l'eau). Les vingt-quatre tubes ont été enfin déposés à 38°.

1. Vingt-quatre heures plus tard, la première série de tubes a été retirée de l'étuve.

a. Examens in vivo. — Un demi-centimètre cube de chaque mélange a été injecté sous la peau d'un cobaye neuf (deux injections par animal) et l'évolution de la réaction locale observée pendant trois jours.

Résultats. — Toxine S.S : nécrose cutanée considérable; *toxine Lechien* : simple œdème; *mélanges toxines perfringens + complexes antagonistes :* aucune nécrose (sauf une exception : mélange toxine Lechien + filtrat de *Subtilis Byling*), simple réaction œdémateuse de faible durée.

b. Examens in vitro. — Dans le liquide reliquat de chaque préparation, pur ou dilué au 1/10, nous avons ajouté une pastille de collagène A (1). Puis tous les tubes ont été remis à 37° et surveillés pour juger de la rapidité et de l'importance de la lyse collagénasique.

Résultats. — Toxine S.S. : destruction totale du collagène A dans le produit pur et dans la dilution au 1/10 en 48 heures. *Toxine Lechien :* même destruction en 30 heures. *Mélanges toxines perfringens + filtrats d'Actinomyces :* pastilles de collagène intactes au bout de cinq jours. *Mélange toxine perfringens S.S. + filtrat Subtilis Byling :* id. Dans les autres mélanges, activité collagénasique très marquée.

2. Au bout de 3 jours d'étuve, nous avons refait les mêmes opérations avec notre seconde série de tubes.

a. Examens in vivo. — Résultats. — En tous cas, œdème sans nécrose. Le séjour à l'étuve a donc suffi à atténuer dans de fortes proportions le pouvoir dermonécrosant naturel de la toxine S. S. simplement diluée en eau physiologique.

b. Examens in vitro. — Résultats. — Pouvoir collagénasique, nul dans les *mélanges toxines perfringens + filtrats d'Actinomyces ou toxine* S. S. + *filtrat subtilis Byling*, marqué dans les autres tubes.

Conclusions. — 1° Il existe des anticollagénases naturelles, diastases capables d'abolir, de façon non spécifique, l'activité d'une collagénase bactérienne. Nous les avons déjà trouvées dans des filtrats de culture d'*Actinomyces griseus* et dans un filtrat de *B. subtilis*. Sans doute, les retrouvera-t-on dans d'autres milieux.

2° Le pouvoir dermonécrosant d'une toxine perfringens ne paraît dû que pour une faible part à sa teneur en collagénase puisqu'une toxine très collagénasique *in vitro* peut ne pas être nécrotique.

3° Le séjour à 37° semble plus nocif pour les principes cytotoxiques d'une toxine perfringens (S. S. dans notre cas) que pour sa collagénase. Nous voyons là un moyen de purification de ce dernier enzyme qui pourrait être intéressant.

MÉDECINE. — *Rôle de la fragilité des polynucléaires dans le diagnostic et le pronostic de certains types de terrain.* Note (*) de M. **Émile Pinel**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

J'ai montré, dans une précédente Note ([1]), comment il m'a été possible, grâce à mon hémo-étaleur automatique, de mettre en évidence trois types d'*altérations naturelles* des polynucléaires dans le sang pathologique périphérique ou veineux. La coloration des lames de sang étant faite au Giemsa rapide, ce sont : les *noyaux granuleux*, provenant d'éléments en voie d'éclatement naturel ou éclatés (*fig.* 1); les *cytoplasmas*, en voie d'éclatement ou éclatés naturellement, dont les *granulations*, très augmentées de volume (*fig.* 2), prennent à la coloration des teintes spécifiques : teintes à tendance *basophile*, *pourpre* ou éosinophile très prononcée, pouvant, d'ailleurs, se rencontrer associées dans le même cytoplasma. Dans ce cas, elles n'apparaissent qu'en faisant varier la mise au point du microscope, leurs volumes étant très inégaux. La fragilité des polynucléaires se mesure par le nombre d'altérations de tel ou tel type pour 100 leucocytes numérés.

L'expérience, faite chez l'Homme, maintenant basée sur plusieurs milliers de cas contrôlés par de nombreux médecins, a montré que cette fragilité est douée de significations pathologiques précises, portant sur le terrain lui-même. C'est ainsi que l'on rencontre les *noyaux granuleux* dans les terrains porteurs d'infections banales aiguës, pouvant, d'ailleurs, prendre, dans la suite, un aspect chronique, ou les terrains prédisposés seulement à ces infections; les *granulations*, à tendance basophile, dans les terrains *tuberculiniques ou tuberculeux*, à tendance *pourpre* ou éosinophile très prononcée; dans les terrains *cancérigènes ou cancéreux*; *mixtes* (résultant de l'association de ces deux types de granulations dans le même cytoplasma), dans les terrains en transfor-

---

(*) Séance du 11 juillet 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1031.

mation, parvenus à une phase intermédiaire entre la tuberculose et le cancer. Ces tests de terrain se présentent avant l'apparition de l'infection banale ou des lésions. C'est la raison pour laquelle, dans plusieurs cas, il n'a été donné aux



Fig. 1.

médecins traitants de contrôler, par les examens classiques, la réalité des significations pathologiques, mises en évidence par ces tests, qu'après des délais s'échelonnant de deux mois à trois ans. Par suite, je me suis trouvé en droit de diagnostiquer ces types de terrain, d'en déceler et même d'en prévoir le mouvement.

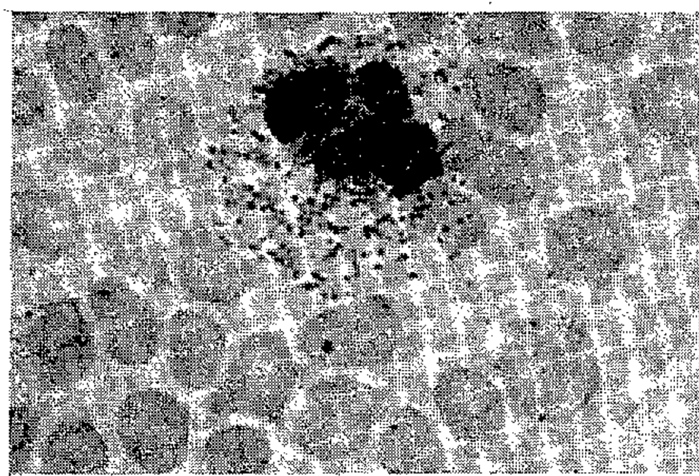


Fig. 2.

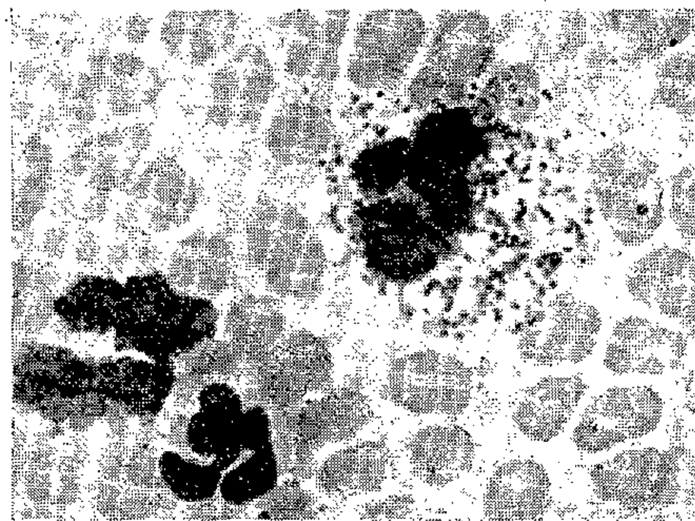


Fig. 3.

Par exemple, la coexistence dans le même organisme d'une tuberculose pulmonaire évolutive et d'une infection aiguë banale (dont le siège n'est pas nécessairement le poumon), se manifeste, dans les étalements sanguins du sujet à l'étude, par la présence de *granulations* à tendance *basophile* et de *noyaux granuleux* (*fig.* 3). Les nombres de tests de l'un et l'autre type, rapportés à 100 leucocytes numérés, permettent de juger de la virulence de chaque maladie et de leurs importances relatives.

Dans une prochaine Note, je montrerai que les rythmes leucocytaires ([2])

([2]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 231, 965.

associés à la fragilité des polynucléaires, permettent de déterminer les interactions réciproques de deux maladies coexistantes dans le même organisme et d'adapter, grâce à la méthode des instants favorables (²) la thérapeutique aux mouvements de ces deux maladies.

La séance est levée à 15h 35m.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 JUILLET 1949.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Salomon Bochner**, Professeur à l'Université de Princeton, qui assiste à la séance.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Nouvelles remarques sur l'interaction entre une charge électrique et le champ électromagnétique.* Note de M. **Louis de Broglie**.

Dans l'étude de l'interaction entre une charge électrique et le champ électromagnétique, nous avons été amené ([1]) à substituer à une charge électrique ponctuelle une distribution étendue dont la densité serait représentée par une fonction du type *potentiel de Yukawa*. Cette substitution correspondrait au fait qu'en réalité le champ de la particule est la superposition d'un champ photonique et d'un champ mésonique et, si l'on veut faire abstraction du champ mésonique, il faut remplacer la charge ponctuelle par la distribution continue en question. Nous avons obtenu ce résultat en partant de la théorie multitemporelle : nous allons le retrouver, sans faire appel à cette théorie, en nous servant des équations de la Mécanique ondulatoire du photon et ce mode de déduction sera très instructif.

Dans la théorie générale des particules de spin 1, simple généralisation de la Mécanique ondulatoire du photon ([2]), on trouve que le champ *électrique* d'une particule de spin 1 et de masse propre $m_0 = hk_0/2\pi c$ obéit à la relation

$$\text{div}\,\vec{E}_{k_0} = -k_0^2 V_{k_0}, \qquad (1)$$

V_{k_0} étant le « potentiel scalaire » correspondant. Pour les photons supposés doués d'une masse propre non nulle mais extraordinairement faible $\mu_0 = k\gamma/2\pi c$, on aura

$$\text{div}\,E_\gamma = -\gamma^2 V_\gamma. \qquad (2)$$

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 157.

([2]) *Mécanique ondulatoire du photon et théorie quantique des champs*, 1949, p. 38.

Supposons un champ formé par la superposition d'un champ photonique de constante γ et d'un champ mésonique de constante $k_0 \gg \gamma$. On aura pour le champ « électrique » total

$$\operatorname{div} \vec{E} = \operatorname{div} \vec{E}_{k_0} + \operatorname{div} \vec{E}_{\gamma} = -\gamma^2 V_{\gamma} - k_0^2 V_{k_0}. \tag{3}$$

Nous introduirons maintenant l'hypothèse faite implicitement dans notre dernière Note suivant laquelle l'interaction de la charge avec le champ photonique s'obtient en lui attribuant une charge électrique au sens ordinaire du mot égale à ε tandis que son interaction avec le champ mésonique s'exprime en lui attribuant une charge mésonique ε_1 égale à $-\varepsilon$.

La Mécanique ondulatoire du photon [3] conduit alors à la valeur suivante (en unités non rationalisées) pour le potentiel « photonique » créé autour d'elle par la charge supposée placée à l'origine des coordonnées

$$V_{\gamma} = \varepsilon \frac{e^{-\gamma r}}{r} - \frac{\varepsilon}{\gamma^2} \delta(r). \tag{4}$$

Le premier terme est le potentiel quasi coulombien, qui se réduit au potentiel coulombien, si l'on suppose $\gamma = 0$. Le second terme est le *potentiel de coïncidence* caractéristique de la Mécanique ondulatoire du photon : nous en avons ailleurs [4] indiqué le rôle physique qui va réapparaître dans ce qui suit.

Avec notre hypothèse, nous avons de même pour le potentiel mésonique

$$V_{k_0} = \varepsilon_1 \frac{e^{-k_0 r}}{r} - \frac{\varepsilon_1}{k_0^2} \delta(r) \qquad (\varepsilon_1 = -\varepsilon), \tag{5}$$

d'où en substituant (4) et (5) dans (3)

$$\operatorname{div} \vec{E} = -\gamma^2 \varepsilon \frac{e^{-\gamma r}}{r} + \varepsilon \delta(r) + k_0^2 \varepsilon \frac{e^{-k_0 r}}{r} - \varepsilon \delta(r) = 4\pi\varepsilon \left[\frac{k_0^2}{4\pi} \frac{e^{-k_0 r}}{r} - \frac{\gamma^2}{4\pi} \frac{e^{-\gamma r}}{r} \right]. \tag{6}$$

On en déduit que l'on peut faire abstraction du champ mésonique en substituant à la charge ponctuelle une distribution continue de densité

$$\sigma(r) = \varepsilon \left[\frac{k_0^2}{4\pi} \frac{e^{-k_0 r}}{r} - \frac{\gamma^2}{4\pi} \frac{e^{-\gamma r}}{r} \right], \tag{7}$$

expression qui pour $\gamma \to 0$ se réduit à celle donnée dans notre dernière Note.

Le potentiel créé par la distribution (7) est

$$V(r) = \varepsilon \frac{e^{-\gamma r} - e^{-k_0 r}}{r}, \tag{8}$$

différence d'un potentiel quasi coulombien et d'un potentiel mésonique.

---

[3] *Mécanique ondulatoire du photon*, p. 172 et suiv.

[4] *Une nouvelle théorie de la lumière*, 2, 1942, p. 126.

Il est important de remarquer comment s'opère dans l'expression (6) la disparition des termes en $\delta(r)$, car ce sont toujours les termes en δ qui sont à l'origine de l'apparition des énergies infinies. On voit que c'est l'existence des potentiels de coïncidence dans les expressions (4) et (5) qui permet la compensation des termes en $\delta(r)$. Or, dans la forme usuelle de la théorie quantique des champs électromagnétiques où l'on suppose nulle la masse propre du photon ($\gamma = 0$), on laisse de côté dans V_γ le potentiel de coïncidence dont le coefficient serait infini. Le raisonnement précédent montre que ce potentiel de coïncidence joue au contraire un rôle essentiel et ceci semble fournir un nouvel argument en faveur d'une valeur non rigoureusement nulle de la masse propre du photon.

En résumé les résultats obtenus inclinent à croire que l'interaction entre charges électriques a lieu avec intervention simultanée d'un champ photonique et d'un champ mésonique, vis-à-vis desquels les charges réagissent d'une façon opposée ($\varepsilon_1 = -\varepsilon$). On pourrait d'ailleurs faire intervenir plusieurs champs mésoniques à condition que la somme des ε_1 correspondants soit égale à $-\varepsilon$. Cette relation entre les diverses *charges* d'une particule électrisée pourrait être importante pour la théorie des forces nucléaires. Si l'on pouvait l'appliquer aux particules neutres, elle affirmerait que la somme de leurs charges mésoniques est nulle.

RADIO-ÉLECTRICITÉ. — *Transformateur de « standards » de télévision.* Note (*) de M. René Barthélemy.

L'évolution différente de la télévision dans divers pays a abouti à la création de stations émettrices diffusant des images où la finesse d'analyse varie dans des proportions allant de 1 à 4. Chacun prétend apporter la solution technique ou économique la plus favorable au développement de l'industrie nouvelle et de nombreuses controverses, où les raisons commerciales dominent, ont pour but d'imposer aux analyses d'images une structure moyenne, qui serait internationale. Le principal motif invoqué est la commodité des futurs échanges de programmes entre les nations.

Ce but, encore lointain, nécessitant la création de longues lignes de relais à large bande, et, probablement, à l'unification des fréquences des réseaux de distribution d'électricité, a aussi l'inconvénient de fixer la qualité à un niveau moyen, assez loin du maximum, et de limiter le progrès pour une période indéterminée.

Aussi, des projets ont-ils été présentés pour permettre, dans cette époque transitoire, de conserver à chaque pays sa méthode, et ses initiatives, tout en résolvant le problème de l'échange des programmes

(*) Séance du 18 juillet 1949.

Le but de la présente Note est de décrire une des solutions possibles.

Nous avions déjà, en 1946, avec M. Strelkoff, réalisé un système de reproduction d'image de télévision modifiant les caractéristiques d'analyse, c'est-à-dire le nombre d'images par seconde et le nombre de lignes par image. L'appareillage était constitué par un tube récepteur brillant, reproduisant l'image fournie par un émetteur déterminé et un tube analyseur sur lequel ladite image était projetée. L'exploration de cette projection, ou de son image électronique, était effectuée avec une autre loi que celle de l'émetteur initial.

Cette expérience a nécessité l'emploi d'un tube analyseur américain dans lequel la modulation provenant de l'analyse était donnée par les électrons de retour, passant dans un circuit électriquement indépendant de la cible où arrivait la modulation primaire.

C'est ce dernier détail qui explique partiellement l'échec d'expériences analogues tentées avec des analyseurs où l'impédance de sortie est connectée à une plaque *signal*, couplée capacitivement à la mosaïque photosensible, ou à la cible recevant l'image électronique d'une première photocathode (cas de l'iconoscope et du supericonoscope).

D'autres méthodes comportant l'emploi de plusieurs tubes, où l'on accumule et l'on explore successivement les images, ont été proposées. Elles présentent la grande difficulté de la coïncidence précise des balayages.

J'ai pu éviter l'usage du faisceau de retour, en utilisant un analyseur à électrons lents, genre isoscope, dont le faisceau est modulé en haute fréquence.

On sait que, dans ce système, on recueille dans un circuit accordé connecté à la plaque collectrice transparente fixée sur la pellicule isolée qui supporte, sur l'autre face, la mosaïque photosensible, une tension H. F. modulée à chaque instant par l'impact du faisceau à électrons lents qui balaie la mosaïque.

Celle-ci reçoit simultanément le flux lumineux issu du tube de projection, qui trace l'image par le déplacement de son spot fluorescent et provoque ainsi des impulsions sur la plaque *signal*, en même temps qu'une émission photoélectrique de la mosaïque.

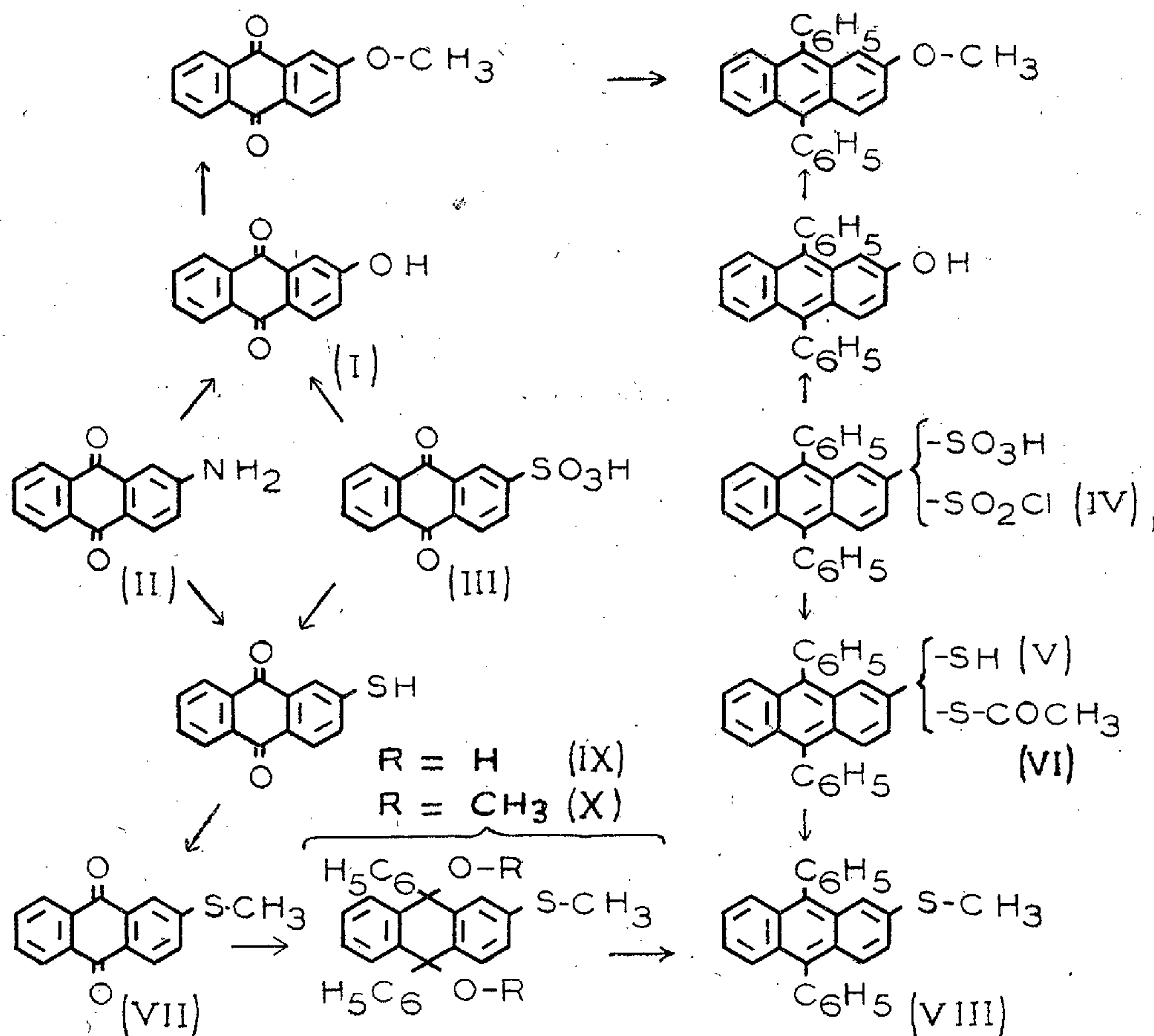
Si l'impédance de sortie était, comme de coutume, constituée par une résistance, les signaux directs seraient mélangés à ceux donnés par l'analyse et l'on ne pourrait obtenir une image transformée correcte.

Avec le nouveau dispositif, l'élimination des signaux d'induction directe est obtenue grâce à la sélectivité de l'impédance de sortie. Il suffit que la fréquence porteuse choisie pour le faisceau d'analyse soit supérieure à la fréquence limite des impulsions lumineuses pour obtenir un fonctionnement satisfaisant.

Des perfectionnements sont en étude ; ils visent principalement à éviter l'intermédiaire de la lumière, en effectuant le dépôt des charges proportionnelles à la modulation, à l'aide d'un faisceau électronique sur une des faces d'une cible mince légèrement conductrice, l'autre face étant analysée par le faisceau d'électrons lents, découpé à fréquence élevée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Thioéthers et thioesters mésodiphénylanthracéniques.* Note (*) de MM. **Charles Dufraisse** et **Robert Panico.**

En vue de déterminer l'influence des substituants sulfurés sur le comportement photochimique du mésodiphénylanthracène, nous avons préparé quelques dérivés du thiol-2 correspondant (V).



La méthylthio-2 anthraquinone $C_{15}H_{10}O_2S$ (VII) est une matière première commode pour l'obtention de corps tels que (VIII). Contrairement à ce que l'on observe dans le cas de l'anthraquinone simple ([1]), la phénylation de cette anthraquinone au moyen du bromure de phénylmagnésium ou du phényl-

(*) Séance du 18 juillet 1949.

([1]) Ch. Dufraisse et J. le Bras, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 4, 1947, p. 1037.

lithium n'a donné qu'un seul des deux diquinols stéréoisomères attendus. Le méthylthio-2 diphényl-9.10 dihydroxy-9.10 dihydro-9.10 anthracène : $C_{27}H_{22}O_2S$ (IX), prismes incolores à base losange, F_{inst} 181°-182°. Il forme des solvates stables avec l'éther et le benzène. Son diéther méthylique : $C_{29}H_{26}O_2S$ (X), F_{inst} 200°-201° s'obtient facilement par action du méthanol sur le diquinol en présence d'une trace d'acide sulfurique.

La réduction du diquinol (IX) par l'iodure de potassium en milieu acétique conduit au méthylthio-2 diphényl-9.10 anthracène : $C_{27}H_{20}S$ (VIII). Aiguilles jaunes, F_{inst} 170°-171°. Ses solutions sont fluorescentes.

Une autre voie d'accès aux dérivés sulfurés du type (VIII) s'est présentée avec la sulfonation du mésodiphénylanthracène qui a lieu en 2 d'après A. Étienne et R. Heymes ([2]); nous pensions obtenir le mésodiphénylanthracène thiol-2 par réduction du chlorure de l'acide β-mésodiphénylanthracène sulfonique (IV). En fait, cette réaction est complexe et fournit de nombreux dérivés.

Nous sommes néanmoins parvenus à l'orienter vers la formation d'un corps unique, en opérant avec le zinc en milieu acide acétique + anhydride acétique.

Nous avons alors isolé un produit cristallisant en feuillets jaune clair, F_{inst} 148-149°, ne possédant pas d'hydrogène mobile (méthode de Zerewitinoff) et dont la composition correspond à celle de l'acétylthio-2 diphényl-9.10 anthracène : $C_{28}H_{20}OS$ (VI).

Les tentatives d'isolement du thiol (V) à partir de son ester acétique se sont révélées infructueuses, probablement par suite de l'extrême sensibilité du corps à l'oxydation. Traité par la potasse alcoolique et le sulfate diméthylique, l'acétylthio-2 diphényl-9.10 anthracène (VI) donne le thioéther (VIII) identifié au produit obtenu à partir de l'anthraquinone (VII), par l'épreuve du mélange (F_{inst} 170°)

Cette préparation du méthylthio-2 diphényl-9.10 anthracène est difficile. Son principal intérêt est de confirmer la constitution du dérivé monosulfoné du diphénylanthracène qu'avaient proposée A. Étienne et R. Heymes ([2]) en se basant sur le passage au corps méthoxylé correspondant par scission alcaline et méthylation du phénol ainsi obtenu. Comme l'ont indiqué ces auteurs, cette preuve n'est pas absolue, à cause des migrations de l'oxhydryle parfois observées dans la scission alcaline. Les réactions que nous présentons fixent définitivement en 2 la position du groupement sulfonyle, en rattachant ce corps, par des réactions réputées sans migration (diazotations et hydrogénations du groupe SO_3H), à trois étalons portant des fonctions dont les positions ont été repérées sans conteste, savoir : l'acide anthraquinone-

---

([2]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1252.

sulfonique-2 (III) ([3]), l'amino-2 anthraquinone (II) ([4]) et l'hydroxy-2 anthraquinone (I) ([3]) ([4]). Les deux scissions alcalines, figurant dans le tableau des transformations, se font sans migration.

RADIO-ENDOCRINOLOGIE. — *Hormones radioactives et récepteurs*. Note de MM. **Robert Courrier**, **Alain Horeau**, **Jean Jacques**, **Maurice Marois**, **François Morel** et **Pierre Süe**.

En fixant le radio-iode 131 sur la molécule de diiodothyronine, nous avons préparé une thyroxine radioactive qui, au moment de l'expérience, donnait, par millième de gamma, 40 impulsions-minute au compteur de Geiger ([1]). Cette forte radioactivité spécifique nous a permis de constater que l'hormone thyroïdienne pénètre électivement dans les cellules hypophysaires après son introduction dans le sang du Lapin; en voici la démonstration :

a. Six lapins mâles d'un poids moyen de 2^{kg} reçoivent chacun, dans la veine marginale de l'oreille, 250^{γ} de thyroxine radioactive par kilogramme d'animal. L'autopsie est pratiquée 2 heures après l'injection, et l'on étudie le sang et l'hypophyse. Le rapport de radioactivité 1^{mg} d'hypophyse/1^{mg} de sang varie de 1,7 à 2,3.

b. Le même rapport est de 0,5 lorsqu'on a administré, dans les mêmes conditions, de l'iodure de potassium contenant du radio-iode en quantité correspondant à la teneur en iode de la thyroxine injectée.

c. Le même rapport est aussi de 0,5 lorsqu'on a administré, dans les mêmes conditions, du chlorure de sodium contenant du radio-sodium. Or, on sait que le sodium est un élément *extra-cellulaire*.

On constate ainsi que l'iode ionique se comporte comme le sodium à l'égard de l'hypophyse : il se cantonne dans les liquides extra-cellulaires. L'iode thyroxinien, au contraire, pénètre dans les cellules de la glande. Si l'on introduit, non plus 250^{γ}, mais 1200^{γ} de thyroxine marquée par kilogramme d'animal, le rapport hypophyse/sang devient plus petit que 1 et varie de 0,6 à 0,9 : c'est qu'on atteint la saturation des cellules pituitaires à partir d'une certaine dose injectée. On vérifie cette saturation en appréciant de la manière suivante la quantité de thyroxine qui pénètre dans les cellules : le rapport

([3]) Passage de l'acide anthraquinonesulfonique-2 :
au thiol : H.-H. Hodgson et E. Leigh, *J. Chem. Soc. London*, 1939, p. 1094;
au phénol : Graebe et Liebermann, *Annalen der Chemie*, 160, 1871, p. 141.

([4]) Passage de l'amino-2 anthraquinone :
au thiol : L. Gattermann, *Annalen der Chemie*, 393, 1912, p. 150;
au phénol : von Perger, *Ber. der deutsch. chem. Ges.*, 12, 1879, p. 1569.

([1]) R. Courrier, A. Horeau, M. Marois et F. Morel, *C. R. Soc. Biol.*, Séance du 9 juillet 1949.

hypophyse/sang obtenu avec le sodium démontre qu'une hypophyse de 20^{mg} renferme environ 10^{mg} de liquides extra-cellulaires. La radioactivité du sérum sanguin permettra de connaître la radioactivité de ces 10^{mg} de liquides. La différence entre la radioactivité totale de l'hypophyse et cette radioactivité extra-cellulaire donnera la radioactivité des cellules hypophysaires, et l'on pourra ainsi connaître d'une façon approximative la quantité de thyroxine absorbée par les cellules.

Nous avons obtenu les valeurs suivantes en fonction des doses utilisées :

Thyroxine		Thyroxine	
injectée par kg d'animal.	absorbée par les cellules hypophysaires en 1000ᵉ de γ.	injectée par kg d'animal.	absorbée par les cellules hypophysaires en 1000ᵉ de γ.
5γ.........	0,6	250γ.........	de 12 à 29
25γ.........	de 1,8 à 3,1	1200γ.........	de 8 à 29

Il semble donc se produire une saturation à partir de 250^{γ}, l'autopsie étant faite 2 heures après l'injection.

Ces faits étant établis, il paraissait intéressant d'entreprendre des expériences analogues avec une hormone différente; nous avons choisi un œstrogène artificiel décrit dans ces *Comptes-rendus* ([2]). Il s'agit de l'acide diméthyl-éthyl-allénolique que l'on rend radioactif en fixant du radiobrome sur son noyau naphtalénique. L'éther méthylique de l'œstrogène bromé est actif chez nos rates castrées pour des doses comprises entre 10 et 20^{γ}, les injections étant pratiquées en une seule fois et en solution aqueuse (sel de sodium). Le radiobrome, préparé avec le cyclotron du Collège de France, renferme les deux isotopes de périodes 4 heures 4 minutes et 34 heures. Toutes les opérations, depuis l'extraction du brome après l'irradiation jusqu'aux mesures des organes au compteur, ont été poursuivies sans discontinuité pour utiliser surtout l'isotope de période 4 heures 4 minutes qui est le plus abondant, et gagner ainsi en radioactivité spécifique. Plusieurs expériences ont été faites; voici le résultat de la dernière qui fut effectuée les 16 et 17 février 1949.

Au moment de l'injection aux rates castrées, 1^{γ} d'œstrogène bromé donne 10 000 impulsions-minute. Tous les animaux reçoivent dans la cavité péritonéale la même dose de brome marqué, soit sous forme d'œstrogène bromé, soit sous forme de bromure; l'autopsie est faite 2 heures après l'injection. Les animaux sont divisés en 4 groupes, avec 5 sujets par groupe. Les organes homologues des 5 rates d'un même groupe sont traités sur la même lame pour permettre l'injection de doses plus faibles.

Pour les groupes I et II, chaque animal reçoit 100^{γ} d'œstrogène bromé.

([2]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 8.

Pour les groupes III et IV, chaque animal reçoit une dose équivalente de bromure.

Rapports des radioactivités (poids égaux) :	Hypophyse/Sang.	Utérus/Sang.	Vagin/Sang.
I	0,5	0,8	0,4
II	0,6	0,9	0,5
III	0,5	0,8	0,8
IV	0,5	0,8	0,7

Dans les conditions de nos expériences, il n'apparait pas qu'une pénétration élective d'œstrogène bromé se fût effectuée dans les récepteurs prélevés. Les rapports enregistrés pour l'hypophyse correspondent aux valeurs de l'*espace-sodium* trouvées chez le Lapin.

Deux interprétations sont possibles :

ou bien l'œstrogène *bromé* n'a pas pénétré en quantité décelable dans les cellules des organes réactifs au cours de nos expériences.

ou bien le radio-brome s'est détaché de l'œstrogène, et la fonction hormonale n'étant plus marquée, il devient impossible de la suivre. Cette dernière hypothèse est à rapprocher des résultats récents de Paterson, Gilbert et Gallagher (3) chez la Souris. Reprenant les expériences de Daudel, Berger, Buu-Hoï et Lacassagne (4), ces auteurs ne peuvent confirmer l'existence d'une absorption élective du triphényl-bromo-éthylène radioactif dans certains organes des animaux injectés; ils estiment que cet œstrogène bromé est rapidement décomposé dans l'organisme.

Nos résultats mettent en lumière la nécessité d'utiliser des radioactivités spécifiques très grandes : il fallait déceler la thyroxine au millième de gamma pour constater sa pénétration dans les cellules hypophysaires.

Il ne faut pas perdre de vue également que la radioactivité appartient à un élément chimique, et que cet élément peut être plus ou moins solidement lié à la molécule que l'on veut suivre, d'où l'obligation de prendre des témoins recevant le même élément radioactif sous la forme ionique. Toutefois, d'autres transformations de la molécule marquée restent possibles, il s'agit alors du problème général du métabolisme des corps physiologiquement actifs.

---

(3) *Nature*, 163, 1949, p. 801.

(4) *Experientia*, vol. 2, 1946, p. 107; *voir* aussi P. Daudel, M. Flon et C. Hertzeg, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1059.

IMMUNOLOGIE. — *De l'influence comparée de diverses substances stimulantes sur l'accroissement de l'immunité*. Note (*) de MM. **Gaston Ramon, Rémy Richou, Jean-Pierre Thiéry** et **Claude Gerbeaux**.

Poursuivant nos investigations dans le domaine des substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité, nous avons, ces temps derniers ([1]), mis en évidence certaines substances susceptibles d'accroître lorsqu'on les mélange avec une anatoxine par exemple, l'immunité que celle-ci est apte à conférer et qui se traduit par un taux plus ou moins élevé d'antitoxine, dans les humeurs des sujets vaccinés.

Dans une nouvelle série de recherches, nous avons examiné, dans leurs effets, quelques unes de ces substances, réalisant ainsi une expérience comparative et récapitulative de nos essais antérieurs. De même que dans les expériences précédentes, nous avons utilisé une anatoxine purifiée, libérée autant qu'il est possible, des constituants du milieu de culture ayant servi à la préparation de la toxine et partant de l'anatoxine, lesquels pourraient jouer eux-mêmes le rôle de stimulant de l'immunité.

Technique. — 30 lapins, répartis en 6 séries de chacune 5 lapins, reçoivent à 13 jours d'intervalle, 2 injections sous-cutanées de 1/20 de centimètre cube pour la première et de 1/10 de centimètre cube pour la seconde, d'une anatoxine tétanique purifiée au moyen de l'acide trichloracétique et titrant 1200 unités antigènes au centimètre cube, injectée seule ou après addition de diverses substances selon le protocole suivant :

Première série. — Anatoxine tétanique seule :

Première injection : 1/20 de centimètre cube d'anatoxine + 1^{cm^3},5 d'eau physiologique.

Deuxième injection : 1/10 de centimètre cube d'anatoxine + 1^{cm^3},5 d'eau physiologique.

Deuxième série. — Anatoxine tétanique + latex d'« Hevea Brasiliensis » :

Première injection : 1/20 de centimètre cube d'anatoxine + 1^{cm^3},5 d'eau physiologique + 0^{cm^3},08 de latex.

Deuxième injection : 1/10 de centimètre cube d'anatoxine + 1^{cm^3},5 d'eau physiologique + 0^{cm^3},08 de latex.

Troisième série. — Anatoxine tétanique + alun de K :

Première injection : 1/20 de centimètre cube d'anatoxine + 1^{cm^3},5 de bouillon + 0^{cm^3},13 de solution d'alun K à 5%.

Deuxième injection : 1/10 de centimètre cube d'anatoxine + 1^{cm^3},5 de bouillon + 0^{cm^3},13 de solution d'alun K à 5%.

Quatrième série. — Anatoxine tétanique + suspension de B. abortus :

Première injection : 1/20 de centimètre cube d'anatoxine + 1^{cm^3},5 de suspension de *B. abortus* en eau physiologique.

(*) Séance du 18 juillet 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 30; **227**, 1948, p. 575; **228**, 1949, p. 1678; *Revue d'Immunologie*, **12**, 1948, p. 373.

Deuxième injection : 1/10 de centimètre cube d'anatoxine + 1^{cm^3},5 de suspension de *B. abortus* en eau physiologique.

La suspension de *B. abortus* employée ici est préparée à partir d'une culture de 24 heures de *B. abortus* sur gélose (3^{cm^3} d'eau physiologique par tube de gélose), additionnée de 5‰ de formol, mise à l'étuve à 37° pendant 5 jours puis chauffée une demi-heure à 53°.

Cinquième série. — Anatoxine tétanique + suspension de B. abortus :

Première injection : 1/20 de centimètre cube d'anatoxine + 1^{cm^3},5 de suspension de *B. abortus* en eau physiologique.

Deuxième injection : 1/10 de centimètre cube d'anatoxine + 1^{cm^3},5 de suspension de *B. abortus* en eau physiologique.

La suspension de *B. abortus* est préparée comme la suspension précédente, mais additionnée de 1,5‰ de formol et laissée à l'étuve 5 jours à 37°.

Sixième série. — Anatoxine tétanique + suspension de B. abortus :

Première injection : 1/20 de centimètre cube d'anatoxine + 1^{cm^3},5 de suspension de *B. abortus* en eau physiologique.

Deuxième injection : 1/10 de centimètre cube d'anatoxine + 1^{cm^3},5 de suspension de *B. abortus* en eau physiologique.

La suspension de *B. abortus* utilisée, contient le double de germes des suspensions précédentes; elle est additionnée de 1,5‰ de formol et laissée à l'étuve à 37° pendant 4 jours.

L'anatoxine tétanique seule ne provoque absolument aucune réaction visible. L'injection d'anatoxine additionnée d'alun de K. ou de latex est suivie de la formation d'un nodule de la grosseur d'un pois ou d'une lentille qui se résorbe lentement. L'injection d'anatoxine additionnée de la suspension de *B. abortus* donne lieu, au point d'injection, à des nodules variables qui vont du volume d'un pois à celui d'une noix et qui se réduisent progressivement.

Deux prises de sang sont effectuées chez tous les Lapins, 13 jours après la première injection et 15 jours après la seconde. Après chaque saignée, les sérums de chacune des séries de Lapins sont réunis et le dosage de l'antitoxine spécifique est pratiquée à partir de chaque mélange selon la technique courante.

Les résultats de ces dosages sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Antigène injecté.	Antitoxine tétanique (en unités internationales). Après la 1re injection.	Après la 2e injection.
I. Anatoxine tétanique seule	1/300	1
II. » » + 5 % latex d'*Hevea Brasiliensis*	1/3	4
III. Anatoxine tétanique + 0,5 % alun de K	1/2	5
IV. » » + suspension *B. abortus* formolée à 0,5‰ et chauffée (53°)	1/2	20
V. Anatoxine tétanique + suspension *B. abortus* formolée à 1‰	1	20
VI. Anatoxine tétanique + suspension double *B. abortus* formolée à 1,5‰	3	30

Ainsi, il ressort de ces expériences, qu'après la première injection, la valeur de l'immunité antitoxique correspond à 1/300 d'unité lorsque l'anatoxine a été employée seule, à 1/3 et 1/2 unité lorsqu'elle a été additionnée soit de latex, soit d'alun de K et enfin à 1/2, 1 et 3 unités dans le cas de l'anatoxine injectée en mélange avec l'une ou l'autre des trois suspensions de *B. abortus* traitées par le formol et la chaleur ménagée et transformées ainsi en *anavaccins*.

A la suite de la deuxième injection les taux d'antitoxine ont tendance, comme il est de règle, au nivellement, cependant les différences restent encore très nettes.

Ces résultats confirment et renforcent ceux précédemment acquis. Ici encore, c'est la suspension de germes microbiens qui provoque la plus grande augmentation de l'immunité, *une augmentation vraiment considérable*, puisque le taux d'antitoxine atteint jusqu'à près de 1000 fois celui dû à l'anatoxine seule. La suspension microbienne formolée comporte en outre l'avantage sur les autres substances examinées : latex, alun, d'être capable de provoquer, pour son propre compte, l'apparition et le développement d'une immunité spécifique (formule des « vaccins associés »).

Les données expérimentales ainsi recueillies sont importantes du *point de vue pratique* puisqu'elles peuvent conduire à des applications qui s'ajoutent à celles déjà nombreuses reposant sur le principe des substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité établi il y a 25 années ([2]).

Elles sont en outre intéressantes à considérer du *point de vue théorique*; elles nous incitent, en effet, à continuer, en nous apportant des facilités à cet égard, l'étude des phénomènes qui interviennent dans l'accroissement de l'immunité et en particulier à rechercher, dans le cas présent, l'élément entrant dans la constitution des germes microbiens qui est responsable de cet accroissement ([3]); une telle étude pouvant fournir quelques éclaircissements sur le mécanisme, non seulement de l'augmentation de la valeur de l'immunité, mais encore de l'immunité elle-même. C'est cette étude que nous poursuivons actuellement.

([2]) G. Ramon, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 157; *Bull. Soc. Cent. Méd. Vét.*, **101**, 1925, p. 227 et 348.

([3]) Il se pourrait d'ailleurs que les corps microbiens eux-mêmes soient en grande partie responsables d'un tel accroissement en jouant le rôle, en quelque sorte mécanique, d'agents irritants et provocateurs de l'inflammation locale au point d'injection, laquelle selon l'un de nous a une influence prépondérante dans la genèse et le développement de l'immunité (*Voir* en particulier G. Ramon, *Revue d'Immunologie*, **4**, 1938, p. 24.

TOPOLOGIE ALGÉBRIQUE. — *Sur l'anneau de cohomologie des espaces homogènes.* Note (*) de M. **Jean Leray.**

Nous désignerons par (N_1), ..., (N_7) sept Notes antérieures [1].

1. *Soit* X *un espace compact, simplement connexe sur lequel opère un groupe de Lie compact* Y *dont aucune transformation autre que l'identité ne laisse fixe de point de* X : $y \in Y$ transforme $x \in X$ en $xy \in X$. Par exemple X peut être un groupe de Lie compact et Y un sous-groupe fermé de X. Soit $W = X/Y$ la base de X fibré par les xY; il s'agit d'étudier $\mathcal{H}_W$, algèbre de cohomologie de W relative à un corps commutatif de caractéristique o.

Y est localement isomorphe au produit d'un groupe abélien par des groupes simples; s'ils appartiennent tous aux quatre grandes classes, nous dirons que Y *n'est pas exceptionnel.*

On nomme *toroïde* tout groupe de Lie compact connexe et abélien : c'est un produit de cercles. Soit T un toroïde maximum de Y; soit N_T le normalisateur de T, c'est-à-dire l'ensemble des éléments n de Y, ou de X quand Y est sous-groupe de X, tels que $nT = Tn$; soit N'_T la composante connexe de N_T contenant 1. Si $n \in Y \cap N_T$ l'application $x \to xn$ applique xY sur lui-même et xT sur xnT; si nous posons

$$V = Y/T \subset U = X/T, \qquad W = X/Y = U/V,$$

le groupe $Y \cap N_T$ opère donc sur U, V et applique identiquement W sur lui-même; son sous-groupe $Y \cap N'_T$ applique identiquement $\mathcal{H}_U$ et $\mathcal{H}_V$ sur eux-mêmes; le groupe fini

$$\Phi_Y = (Y \cap N_T)/(Y \cap N'_T) \simeq (YN'_T \cap N_T)/N'_T \subset N_T/N'_T$$

opère donc sur $\mathcal{H}_U$, $\mathcal{H}_V$ et transforme identiquement $\mathcal{H}_W$.

La preuve du théorème de (N_7), légèrement modifiée, donne :

Théorème 1. — *Supposons* Y *non exceptionnel (connexe ou non). L'application canonique de* $U = X/T$ *sur* $W = X/Y$ *a pour réciproque un isomorphisme de* $\mathcal{H}_W$ *sur l'ensemble des éléments de* $\mathcal{H}_U$ *invariants par* Φ_Y.

Corollaire 1. — *Soit* Z *un sous-groupe de* Y *ayant même rang que* Y : X/Z *a pour fibre* Y/Z *et pour base* X/Y. *Supposons* Y *non exceptionnel : l'application de* X/Z *sur* X/Y *a pour réciproque un isomorphisme de* $\mathcal{H}_{X/Y}$ *dans* $\mathcal{H}_{X/Z}$. *Supposons en outre* Y *connexe et* Z *non exceptionnel : l'application topologique de* Y/Z *dans*

(*) Séance du 18 juillet 1949.

(1) (N_7) : *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1902 donne les références de (N_1), ..., (N_6). Ces Notes contiennent les errata : t. **223**, p. 396, formule (8), *au lieu de* $\varpi(t)$, *lire* $t\varpi(t)$, t. **228**, p. 1786, ligne 3, *au lieu de* $\mathcal{H} \prec$, *lire* $\mathcal{H}'_Y$; p. 1904, ligne 2, *au lieu de* $\mathcal{H}_W \otimes \mathcal{H}_U$; *lire* $\mathcal{H}_W \otimes \mathcal{H}_V$; ligne 15, *au lieu de* $\mathcal{H}_{X/Y} \oplus \mathcal{H}_{Y/Z}$, *lire* $\mathcal{H}_{X/Y} \otimes \mathcal{H}_{Y/Z}$.

X/Z *a pour réciproque un homomorphisme de* $\mathcal{H}_{X/Z}$ *sur* $\mathcal{H}_{Y/Z}$; $\mathcal{H}_{X/Z}$ *et* $\mathcal{H}_{X/Y} \otimes \mathcal{H}_{Y/Z}$ *sont des modules isomorphes.*

COROLLAIRE 2. — $\mathcal{H}_W$ *ne dépend que de* X *et* $Y \cap N_T$.

Soit à *chercher tous les* $\mathcal{H}_W$ *correspondant à* X *donné et* Y *quelconque, non exceptionnel;* d'après le corollaire 2 on ne modifie pas l'ensemble des $\mathcal{H}_W$ en se limitant aux Y dont la composante connexe est abélienne; le théorème 1 ramène cette recherche à la suivante : *soit* T *un toroïde de* Y*; soit* $U = X/T$*; déterminer* $\mathcal{H}_U$ *et la façon dont le groupe fini* N_T/N'_T *opère sur* $\mathcal{H}_U$. On peut appliquer la théorie due à W. Gysin des espaces fibrés par des sphères (*voir* n°3).

2. *Supposons que* X *soit un groupe et* Y *un de ses sous groupes :* W *est un espace homogène.* Soit R un toroïde maximum de X contenant T; $U = X/T$ a pour fibre le toroïde R/T et pour base X/R; $\mathcal{H}_{X/R}$ est déterminé par le lemme de (N_7) quand X n'est pas exceptionnel; d'où une autre façon d'appliquer la théorie de W. Gysin.

Mais il faudra procéder autrement pour voir comment N_T/N'_T opère sur $\mathcal{H}_U$: envisageons le centre de N'_T : c'est l'intersection des toroïdes maximum de X contenant T; soit S celle des composantes connexes de ce centre qui contient l'unité; S est un toroïde;

$$T \subset S \subset N'_T = N'_S \subset N_T \subset N_S;$$

on utilise les invariants topologiques que le n° 1 de (N_6) *attache à l'application canonique de l'espace* X/T, *fibré par le toroïde* S/T, *sur sa base* X/S; *le groupe* N_T *opère sur* X/T, S/T *et* X/T; *il en résulte, d'après le n° 2 de* (N_6), *que le groupe fini* N_T/N'_T *opère sur ces invariants.*

Il faut étudier préalablement l'algèbre $\mathcal{H}_{X/S}$ et la façon dont le groupe fini N_S/N'_S opère sur elle; il suffit de traiter le cas où X est *simple*; voici un premier renseignement.

THÉORÈME 2. — *Soit* X *un groupe simple non exceptionnel, de rang* l*; soit* S *un toroïde singulier de rang* $l-1$, *c'est-à-dire appartenant à plusieurs toroïdes de rang* l *:* $\mathcal{H}_{X/S} = \mathcal{H}'' \otimes \bigwedge \mathcal{H}'$*;* $\mathcal{H}''$ *est* $\mathcal{H}_{X/R}$ *mod. l'idéal engendré par les éléments de degré* 2 *de* $\mathcal{H}_{X/R}$ *qui correspondent canoniquement aux caractères de* T *nuls sur* S*;* $\bigwedge \mathcal{H}'$ *est l'algèbre extérieure d'un module* $\mathcal{H}'$ *de rang* 1, *qui est appliqué isomorphiquement sur le module des éléments primitifs de* $\mathcal{H}_X$ *de degré maximum par l'homomorphisme réciproque de l'application canonique de* X *sur* X/S*; cet homomorphisme annule les éléments de* $\mathcal{H}''$ *de degrés* > 0. Un toroïde non singulier de rang $l-1$ n'a en général pas ces propriétés.

3. *Espace fibré par une sphère.* — (N_3) permet de compléter *la théorie de W. Gysin* ([2]) *:*

THÉORÈME 3. — *Soit* ξ *la projection d'un espace fibré* X *de dimension* D *sur sa base* Y *de dimension* $D-d$, *la fibre ayant même algèbre de cohomologie qu'une*

([2]) *Comm. math.-helv.*, 14, 1941, p. 61.

sphère de dimension d; on suppose que X, Y *et* F *sont des multiplicités compactes et orientables. Les polynomes de Poincaré* X(*s*) *et* Y(*s*) *de* X *et* Y *s'expriment en fonction du polynome de Poincaré* Q(*s*) *de* $\overset{-1}{\xi}\,\mathcal{H}_Y$:

$$X(s) = Q(s) + s^D Q(s^{-1}), \qquad Y(s) = [Q(s) - s^{D+1} Q(s^{-1})].[1 - s^{d+1}]^{-1}.$$

Les éléments $h_Y \in \mathcal{H}_Y$ *tels que* $\overset{-1}{\xi}\,h_Y = 0$ *sont les multiples de l'un d'eux, m, dont le degré est d* + 1. *Il existe un isomorphisme canonique, qui diminue le degré de d, du* $\overset{-1}{\xi}\,\mathcal{H}_Y$*-module* $\mathcal{H}_X / \overset{-1}{\xi}\,\mathcal{H}_Y$ *sur l'annulateur de m. Soit* $h_X^p \in \mathcal{H}_X$; *degré* $h_X^p = p$; *pour que* $h_X^p \in \overset{-1}{\xi}\,\mathcal{H}_Y$, *il faut et il suffit que* $h_X^p . \overset{-1}{\xi}\,h_Y^{D-p} = 0$ *pour tout* $h_Y^{D-p} \in \mathcal{H}_Y$ *de degré* D — *p. Les quatre conditions suivantes sont équivalentes*

$$\mathcal{H}_F = F\,\mathcal{H}_X, \qquad X(s) = (1 + s^d)\,Y(s), \qquad Q(s) = Y(s), \qquad m = 0;$$

elles sont réalisées en particulier quand d est pair. Pour qu'il existe un module $\mathfrak{L}$ *tel que*

$$\mathcal{H}_X = \overset{-1}{\xi}\,\mathcal{H}_Y \otimes \wedge\,\mathfrak{L},$$

il faut et il suffit que les deux conditions suivantes soient simultanément réalisées :

a. les multiples de m constituent l'annulateur d'un élément n de $\mathcal{H}_Y$;

b. il existe un élément de $\mathcal{H}_X$, *étranger à* $\overset{-1}{\xi}\,\mathcal{H}_Y$, *de carré nul et de degré : d* + *degré n.*

On a : rang $\mathfrak{L} = 1$; *degré* $\mathfrak{L} = d +$ *degré n.*

Si d + *degré n est impair, b est toujours vérifié; La condition a équivaut à :*

a'. l'annulateur de m est l'ensemble des multiples d'un élément n de $\mathcal{H}_Y$.

M. **Roger Heim** présente la traduction française, rédigée par M. Jacques Duché, de l'Ouvrage : *Antagonismes microbiens et substances antibiotiques*, de M. **Selman A. Waksman**, Correspondant de l'Académie.

M. **Costantino Gorini** fait hommage d'un fascicule : *Nuovi contributi alla mia dottrina microbiologica dell' insilamento lattico.*

CORRESPONDANCE.

M. **Corneille Heymans**, élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, adresse ses remercîments.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Mémoires de l'Institut français d'Afrique Noire*. Centre du Cameroun. Série : Populations, n° 1. *Inventaire ethnique du Sud-Cameroun*, par I. Dugast.

2° Faculté de Philosophie de l'Université de Skopje. Section des Sciences naturelles. *Annuaire*, Tome I.

THÉORIE DES RELATIONS. — *Relations généralisées et indépendance logique des notions de réflexivité, symétrie et transitivité*. Note (*) de M. **Karl Egil Aubert**, présentée par M. Gaston Julia.

Nous nous proposons d'étudier une certaine généralisation de la notion de relation qui semble être convenable si l'on veut englober un grand nombre d'exemples de relations qui ne sont pas des *relations* d'après les définitions classiques.

Les éléments de l'ensemble produit E^n seront appelés *n-uples* de E. En général les éléments de l'ensemble $\bigcup_{i\geq 2} E^i$ seront appelés *uples* de E.

Définition. — Une relation R dans un ensemble E (appelé base de R) est une application de l'ensemble $\mathfrak{E}$ formé de tous les uples de E sur un ensemble $\mathfrak{L}_\varkappa$ de nombre cardinal $\varkappa \geqq 2$. Nous appellerons $\varkappa$ la dimension de la relation R.

Nous désignerons par Δ l'ensemble des uples réflexifs de $\mathfrak{E}$ (la diagonale de $\mathfrak{E}$). Nous introduisons maintenant deux familles d'opérations dans $\mathfrak{E}$. D'abord un opérateur de symétrie σ est un opérateur qui a tout élément $x=(x_i)_{1\leq i\leq n}$ de E^n fait correspondre l'élément $\sigma x=(y_i)$ où $y_i=x_{\sigma^{-1}(i)}$ pour $1\leqq i\leqq n$ (¹). Les σ sont des permutations du groupe symétrique $\mathfrak{S}_n$. Si pour deux uples u_1 et u_2 l'on peut trouver un σ dans un certain sous-groupe S du groupe $\mathfrak{S}_n$ tel que $u_2=\sigma u_n$, nous dirons que u_1 et u_2 sont des uples S-*symétriques*. La relation de S-symétrie dans $\mathfrak{E}$ est une relation d'équivalence qui sera notée $\sim_S$. Deux uples comme $u_1=(a_1, \ldots, a_i, a_{i+1}, \ldots, a_{i+m})$ et $u_2=(a_{i+1}, \ldots, a_{i+m}, a_{i+m+1}, \ldots, a_n)$ seront dits *m-transitifs* et nous introduisons une *opération de m-transitivité* $u_1 o_m u_2$, pour ces deux uples définie par

$$u_1 o_m u_2=(a_1, \ldots, a_i, a_{i+m+1}, \ldots, a_n),$$

et ensuite une opération de N-transitivité définie par

$$u_1 o_N u_2=\bigcup_{i\in N} u_1 o_i u_2,$$

N étant un certain sous-ensemble de l'ensemble des entiers strictement positifs. En appliquant la notion de *contraction* on pourra étendre la définition aux uples non finis (²). Nous supposerons dans la suite que l'uple $u_1 o_N u_2$ contient au moins un élément appartenant à u_1 et un élément appartenant à u_2.

On désignera par $Sy_S(\mathfrak{F})$ la *fermeture* S-*symétrique* de $\mathfrak{F}\subseteq\mathfrak{E}$, c'est-à-dire la

(*) Séance du 18 juillet 1949.

(¹) N. Bourbaki, *Algèbre multilinéaire*, Chap. 3, p. 53.

(²) *Loc. cit.*, p. 45.

fermeture de $\mathfrak{F}$ par rapport aux opérateurs $\sigma \in S$. De même nous désignerons par $Tr_N(\mathfrak{F})$ la *fermeture* N-*transitive* de $\mathfrak{F}$, c'est-à-dire la fermeture de $\mathfrak{F}$ par rapport à l'opération de N-transitivité. Désignons par $\mathfrak{R}_{T_i}$ la partie de $\mathfrak{E}$ qui, dans l'application qui définit R, correspond à l'élément $T_i \in \mathfrak{L}_\varkappa$. Nous posons maintenant les définitionssuivantes :

Définition Re_i. — Une relation R est dite T_i-réflexive si $\Delta \subseteq \mathfrak{R}_{T_i}$.

Définition Sy_j. — Une relation R est dite $T_j^{(S)}$-symétrique si $Sy_S(\mathfrak{R}_{T_j}) = \mathfrak{R}_{T_j}$.

Définition Tr_k. — Une relation R est dite $T_k^{(N)}$-transitive si $Tr_N(\mathfrak{R}_{T_j}) = \mathfrak{R}_{T_j}$.

Définition Sy_L. — Dans le cas où les éléments de l'ensemble $\mathfrak{L}_\varkappa$ forment les valeurs de vérité dans une logique multivalente $L_\varkappa$, nous dirons que R est L_S-symétrique si $u \multimap T_i$ et $\sigma u \multimap T_j$ impliquent l'équation $T_i \subset T_j = T_0$ où T_0 est la valeur *vraie* dans $L_\varkappa$ et $\sigma \in S$.

Ici $u \multimap T_i$ signifie que T_i correspond à u par l'application définissant R et $\wedge$ et $\subset$ seront les signes pour la conjonction et l'implication de la logique $L_\varkappa$ respectivement. Les signes & et $\rightarrow$ seront utilisés pour les mêmes opérations dans la logique classique de deux valeurs. (Cette logique sert de *métalogique*).

Définition Tr_L. — Dans le cas où les éléments de l'ensemble $\mathfrak{L}_\varkappa$ forment les valeurs de vérité dans une logique multivalente $L_\varkappa$, nous dirons que R est L_N-transitive si

$$(u_1 \multimap T_i) \;\&\; (u_2 \multimap T_j) \;\&\; (u_1 o_N u_2 \multimap T_k)$$

implique l'équation

$$(T_i \wedge T_j) \subset T_k = T_0 \text{ dans } L_\varkappa.$$

Nous avons ici distingué deux types de généralisation des notions ordinaires. D'une part les définitions Re_i, Sy_j et Tr_k dans lesquelles n'intervient aucune structure de l'ensemble $\mathfrak{L}_\varkappa$. D'autre part les définitions Sy_L et Tr_L où l'on a imposé une certaine structure logique dans $\mathfrak{L}_\varkappa$ qui joue un rôle dans les définitions. Le cas le plus simple et aussi le plus connu des logiques multivalentes est la logique de Lukasiewicz (*cf.* aussi Post et Tarski). Considérons par exemple le cas simple où $\mathfrak{L}_\varkappa$ est constitué par l'ensemble fini de $n+1$ valeurs : $\mathfrak{L}_{n+1} = \{0, 1/n, \ldots, (n-1)/n, 1\}$ les valeurs *vraie* et *fausse* étant identifiées avec 1 et 0 respectivement. Des tables de vérité dans une logique de Lukasiewicz et des définitions Sy_L et Tr_L résultent les critères suivants : La relation R est L_S-symétrique si et seulement si, pour chaque u et pour $\sigma \in S$, on a $\varphi(u) = \varphi(\sigma u)$, φ désignant l'application de $\mathfrak{E}$ sur $\mathfrak{L}_{n+1}$ définissant R. La relation R est L_N-transitive si et seulement si l'inégalité $\varphi(u_1 o_N u_2) \geq \min(\varphi(u_1), \varphi(u_2))$ est toujours valable. Ensuite nous pourrions donner les interprétations suivantes de Sy_L et Tr_L.

R est L_S-symétrique si et seulement si l'application φ de $\mathfrak{E}(\sim_S)$ sur $\mathfrak{L}_\varkappa(=)$ est un homomorphisme, $\sim_S$ et $=$ étant des relations correspondantes dans cet homomorphisme.

R est L_N-transitive si et seulement si l'application φ de $\mathfrak{E}(o_N, =)$ sur $\mathfrak{L}_\chi(\wedge, C)$ est un homomorphisme, l'opération o_N et la relation $=$ correspondant respectivement à $\wedge$ et C dans cet homomorphisme.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Majorantes et minorantes des fonctions simplement totalisables.* Note (*) de M. **Paul Malliavin**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Une majorante $H(x)$, d'une fonction $f(x)$ définie et finie en tout point du segment $[ab]$ est, suivant M. de La Vallée-Poussin, une fonction telle qu'en tout point son nombre dérivé inférieur droit $\delta_d H(x)$ vérifie $\delta_d H(x) \geqq f(x)$. MM. Hake, Alexandroff, Looman, Ridder, ont montré que la classe des fonctions admettant de telles majorantes, coïncide avec celle des fonctions complètement totalisables. M. Denjoy a montré ([1]), d'autre part, qu'en définissant une majorante $H(x)$ par les conditions $\Delta_d H(x) \geqq f(x)$, $\delta_d H(x) > -\infty$, supposées vérifiées en tout point du segment $[ab]$, où Δ_d désigne le nombre dérivé supérieur droit, ces nouvelles majorantes possédaient toutes les propriétés de celles de M. de La Vallée-Poussin, et que le champ fonctionnel auxquelles elles s'appliquaient restait celui de la totalisation complète. C'est donc en imposant de nouvelles conditions au nombre dérivé inférieur droit des majorantes que l'on peut seulement espérer élargir leur champ de définition.

Une fonction $F(x)$, définie et continue sur $[ab]$, appartient à la classe $(\delta_{d,\pi} > -\infty)$, si, sur tout ensemble parfait P, il existe une portion π de P, telle qu'en tout point de π, le nombre dérivé inférieur droit, *spécial à* π, $\delta_{d,\pi} F(x)$ surpasse $-\infty$.

I. *Une fonction* $F(x)$, *appartenant à la classe* $(\delta_{d,\pi} > -\infty)$, *a une variation réductible sur tout ensemble parfait. Elle admet sur une plénitude du segment* $[ab]$, *une dérivée approximative finie*, $F'_{ap}(x)$; *sur tout ensemble parfait, il existe une portion sur laquelle* $F'_{ap}(x)$ *est sommable. Si la variation de* $F(x)$ *est définie sur un ensemble parfait mince* P, *sur toute portion* π *de* P, *la variation de* $F(x)$ *est non négative.*

Si $F(x)$ ne vérifiait pas l'une de ces propriétés, on pourrait mettre en évidence ([2]) un ensemble parfait Q, tel que sur un résiduel de Q, $\delta_{d,Q} F(x) = -\infty$.

La fonction $H(x)$ sera une *majorante simple faible* de la fonction $f(x)$, finie, en tout point de $[ab]$, si : 1° $H(a) = 0$; 2° $H(x)$ appartient à la classe $(\delta_{d,\pi} > -\infty)$; 3° sur une plénitude de $[ab]$, $H'_{ap}(x) \geqq f(x)$.

(*) Séance du 18 juillet 1949.

([1]) *Leçons sur le calcul des coefficients d'une série trigonométrique*, p. 616-658.

([2]) A. Denjoy, *loc. cit.*, p. 617-620.

La fonction $M(x)$ sera une *majorante simple forte* de la même fonction $f(x)$, si : 1° $M(x) = 0$; 2° $M(x)$ est continue sur $[ab]$; 3° sur tout ensemble parfait P, il existe une portion π de P, telle qu'en tout point de π, $\delta_{d,\pi} M(x) \geq f(x)$. Une majorante simple forte est également une majorante simple faible.

La fonction $G(x)$ sera une minorante simple faible, si $-G(x)$ est une majorante simple faible de $-f(x)$.

II. *a. Si* $H(x)$ *et* $G(x)$ *sont respectivement une majorante et une minorante simple faible de la même fonction* $f(x)$, $J(x) = H(x) - G(x)$ *est une fonction non décroissante. b. Si, de plus,* $f(x)$ *est simplement totalisable et si* $T(f, a, x)$ *désigne sa totale indéfinie,* $K(x) = H(x) - T(f, a, x)$ *est une fonction non-décroissante.* $J(x)$ et $K(x)$ admettent sur une plénitude une dérivée approximative positive, leurs variations sur tout ensemble parfait mince où elles sont définies sont non négatives. Si une telle fonction était décroissante, il existerait ([3]) un ensemble parfait P, sur lequel la fonction $J(x)$ serait strictement décroissante, P serait épais en lui-même et sur une plénitude de P, $J(x)$ admettrait une dérivée approximative négative ou nulle.

III. *Une fonction* $f(x)$, *mesurable, possèdant une majorante et une minorante simple faible,* $H(x)$ *et* $G(x)$, *est simplement totalisable.* On utilise II *b.* et I pour montrer que : α. sur tout ensemble parfait il existe une portion où $f(x)$ est sommable; β. la variation de la totale de $f(x)$, supposée déterminée dans les contigus à un ensemble parfait, est réductible; γ. la totale de $f(x)$, supposée déterminée dans les segments $[a_n b_n]$, tend vers une limite lorsque $a_n \to a$ et $b_n \to b$.

IV. *Une fonction simplement totalisable possède des majorantes simples fortes approchant à* ε *sa totale indéfinie.* La construction d'une telle majorante repose sur les quatre opérations suivantes : α. si $f(x)$ est sommable sur un intervalle, la méthode de M. de La Vallée Poussin permet de construire une majorante $M(x)$ sur cet intervalle; β. si l'on a déterminé une majorante dans $[ab]$ et une majorante dans $[bc]$, on peut construire une majorante dans $[ac]$; γ. si l'on a déterminé une majorante dans les segments $a_n b_n$, $a_n \to a$, $b_n \to b$, on peut construire une majorante sur ab; δ. Si l'on a déterminé une majorante dans les intervalles contigus à un ensemble parfait P, il existe une portion de P, sur laquelle on peut construire une majorante. Une suite transfinie d'opérations α, β, γ et δ permet de mener à bien le calcul.

L'étude de cette suite nous montre que le calcul d'*une seule* majorante nécessite toutes les opérations intervenant dans le calcul de la totale exacte, et ([4]) une infinité d'opérations supplémentaires introduites pour réaliser les conditions que doit vérifier, sur tout ensemble parfait, la majorante.

([3]) A. DENJOY, *Ann. Sc. Éc. Norm. sup.*, 1916, p. 153.

([4]) A. DENJOY, *Calcul des coefficients*, p. 637-650.

ANALYSE FONCTIONNELLE. — *Sur les fonctionnelles linéaires. Représentation par des intégrales.* Note (*) de M. **Otton Martin Nikodým**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Nous reprenons les notations et les dénominations de deux Notes précédentes ([1]). Soit (G) une *p. t.*, $(B)_G$, $(T)_G$ ses extensions Booléenne et Borélienne, $(C)_b$ la classe des *fc. p. con.* bornées. Soit $U(f)$ une fonctionnelle linéaire dans $(C)_b$ et continue par rapport à la convergence uniforme. Par la méthode se trouvant dans le livre connu de S. Banach (et presque sans changement) on peut démontrer qu'alors il existe une fonction $\mu(a)$ d'ensemble a définie sur $(T)_G$, simplement additive et bornée, telle que $U(f) = \int f(s)\, d\mu$.

Ce théorème donne une représentation, par une intégrale, de plusieurs fonctionnelles linéaires.

On sait qu'une fonctionnelle donnée peut avoir plusieurs représentations par des intégrales : c'est par exemple le cas où les $f(s)$ sont des fonctions continues ordinaires. Voici un théorème y correspondant.

Les trois propriétés suivantes sont équivalentes deux à deux : I. chaque $U(f)$ (ci-dessus) admet une représentation unique [μ, définie sur $(T)_G$ est unique]; II. il existe une fonctionnelle $U(f)$ admettant une telle représentation unique; III. (G) est une tribu de Boole.

Théorème. — *Soit (G) une p. t. réduite, $(B)_G$ son extension Booléenne, $\sigma(a)$ une fonction d'ensemble simplement additive et bornée sur $(B)_G$. Dans ces conditions les deux propriétés suivantes sont équivalentes :* I. *$\sigma(a)$ et $\sigma^*(a)$ sont dénumérablement additives;* II. *quelque soit une suite bornée $\chi_n(s)$ $(n = 1, 2, \ldots)$ de fonctions p. con. tendant vers une fonction $y(s)$ s'accordant avec $(B)_G$, on a* $\lim \int \chi_n(s)\, d\sigma = \int y(s)\, d\sigma$.

Ce théorème fournit les cas où la fonctionnelle peut être représentée par une intégrale ordinaire du type Lebesgue-Fréchet, basée sur une mesure dénumérablement additive. Soit $U(f) = \int f(s)\, d\mu$ où μ est additive et bornée sur $(T)_G$ et $f(s)$ *p. con.* et bornées. Soit (I) un idéal dénumérablement additif dans (G), [c'est-à-dire : $(I) \subseteq (G)$; si $a_1, a_2, \ldots, a_n, \ldots \in (I)$, on a $\Sigma_{n=1}^{\infty} a_n \in (I)$; si $a \in (I)$ et $b \in (G)$, alors $a.b \in (I)$]. Définissons *l'égalité* $a =_I b$, pour a, $b \in (T)_G$ par la condition qu'il existe un ensemble $p \in (I)$ tel que $a + p = b + p$. Définissons *l'égalité* $f(S) =_I g(s)$ pour les fonctions [qui sont $(T)_G$ — *p. con.*] par la condition $\hat{s}\{f(s) \neq g(s)\} \in (I)$.

Dans ces conditions les deux propriétés suivantes sont équivalentes : I. si $f =_I g$, alors $U(f) = U(g)$; II. si $a =_I b$, alors $\mu(a) = \mu(b)$. Les théorèmes que nous venons d'énoncer donnent, entre autres, comme un cas particulier, les

---

(*) Séance du 18 juillet 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 150; **229**, 1949, p. 16.

résultats principaux de Kontorovitch-Fichtenholz [2], sur la représentation, par des intégrales, de certaines fonctionnelles.

THÉORÈME. — *Soit* (V) *une classe non vide de fonctions définies sur* 1, *telle que, si* $f(s)$, $g(s) \in (V)$, *alors* $\lambda f(s) \in (V)$ *et* $f(s) + g(s) \in (V)$. *Soit* $U(f)$ *une fonctionnelle linéaire définie sur* (V). *Supposons qu'il existe une tribu simplement additive* (A) *de Boole, de sous-ensembles de* 1 [*où* $1 \in (A)$] *et, qu'il existe une fonction* $\sigma(a)$ *d'ensemble simplement additive et bornée sur* (A), *telles que* $U(f)$ *admet sur* (V) *la représentation* $U(f) = \int f d\sigma$. *Dans ces conditions il existe une p. t.* (G) *sur* 1 *telle que chaque* $f(s) \in (V)$ *et p. con, et il existe sur* $(T)_G$ *une fonction simplement additive et bornée* $\mu(a)$ *telle que* $U(f) = \int f(s)\, d\mu$ *pour tout* $f \in (V)$.

Ce théorème montre que les *p. t.* jouent un rôle important dans la théorie des fonctionnelles linéaires.

AÉROTECHNIQUE. — *Sur un nouveau diffuseur de compresseur centrifuge.* Note (*) de M. **Alexandre Favre**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous avons proposé en 1940 [1] des perfectionnements aux compresseurs centrifuges, ayant pour objet de diminuer les pertes d'énergie dues aux décollements de la couche limite, à la turbulence, et aux ondes de choc dans les diffuseurs. Ces pertes réduisent le rendement; elles sont importantes dans le cas des rapports de compression de quatre, nécessaires pour augmenter la puissance des propulseurs, et l'altitude de vol des avions.

Plusieurs diffuseurs séparés sont juxtaposés à la périphérie du rotor, et leurs profils sont alors déterminés en vue des conditions précitées (*fig.* 1). La section de chaque diffuseur, et sa forme, à la sortie du rotor, correspondent à celles du tube de courant fluide capté. Lorsque l'écoulement est supersonique à l'entrée, la section évolue comme celle d'un conduit de révolution convergent, dont l'angle décroît progressivement, puis divergent, progressivement. Dans le cas où l'écoulement à l'entrée est trans ou subsonique, la section est tout d'abord constante, puis croissante. Le bord d'attaque *a b* des parois séparant deux diffuseurs adjacents est placé à incidence nulle, pour le régime normal de fonctionnement. La ligne moyenne d'un diffuseur, en amont, suit la ligne de courant d'un fluide parfait, voisine d'une spirale logarithmique. En aval elle s'adapte, ainsi que la forme de la section, aux conditions d'utilisation. Accessoirement des fentes peuvent être ménagées dans les parois, pour éviter les

(2) *Studia Mat.*, 7, 1935, p. 69 et suiv.

(*) Séance du 11 juillet 1949.

(1) Publication différée en raison de la Guerre : attestations de M. le Secrétaire d'État aux Forces Armées (Air), n° 12736 DTI/SDIT/INV, du 6 août 1948, et du Bureau des Inventions aéronautiques, n° 1, INV, 20, janvier 1949.

décollements aux différents régimes. Une partie du bord d'attaque peut alors devenir un aubage auxiliaire *a*. Les formes sont tracées compte tenu des vitesses spécifiques.

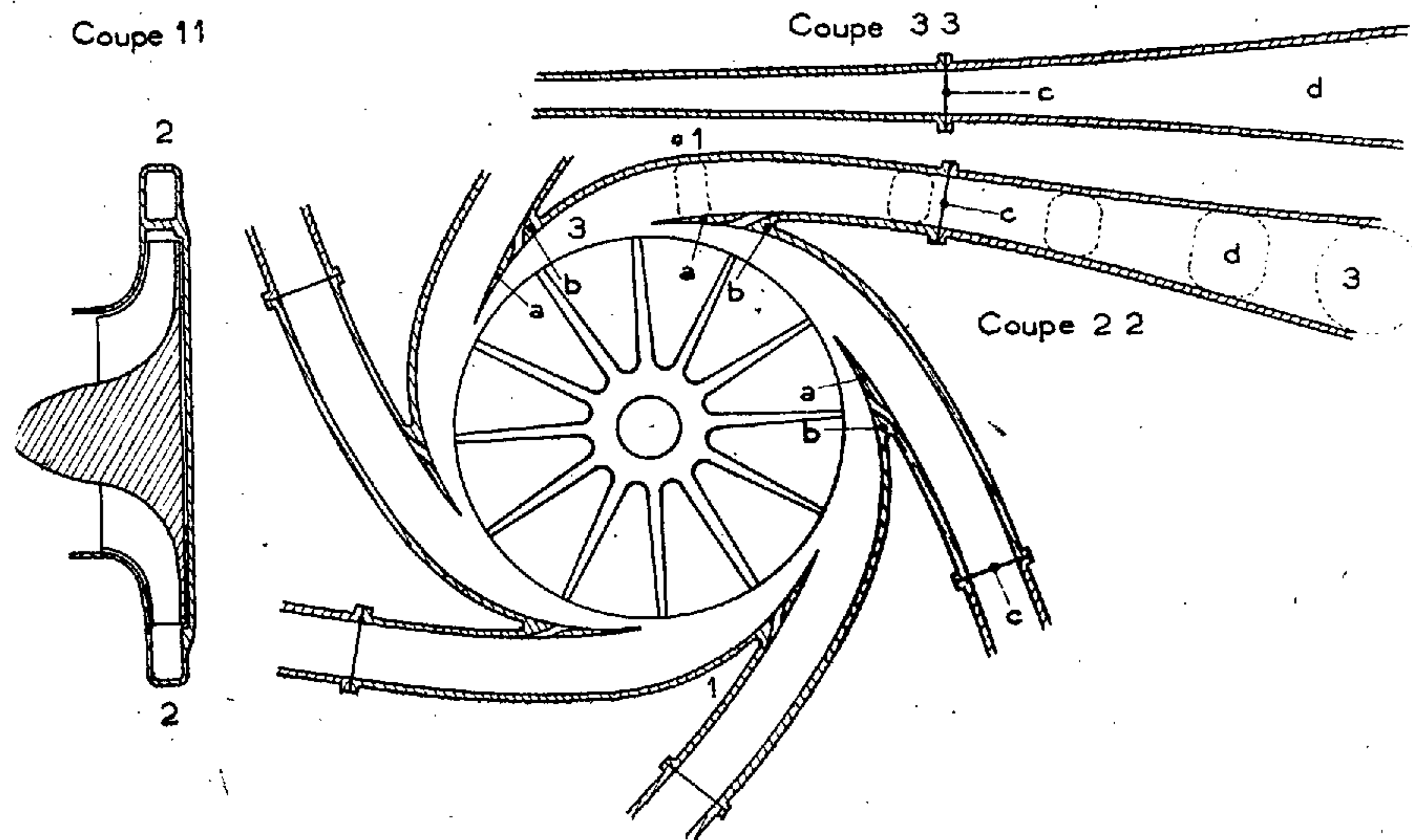


Fig. 1. — Compresseur centrifuge à diffuseurs séparés, juxtaposés à la périphérie du rotor, pour écoulements super-trans-subsoniques.

La vitesse supersonique décroît dans le convergent du diffuseur. Si, au col, elle dépasse encore celle du son, elle augmente dans le divergent. Pour des

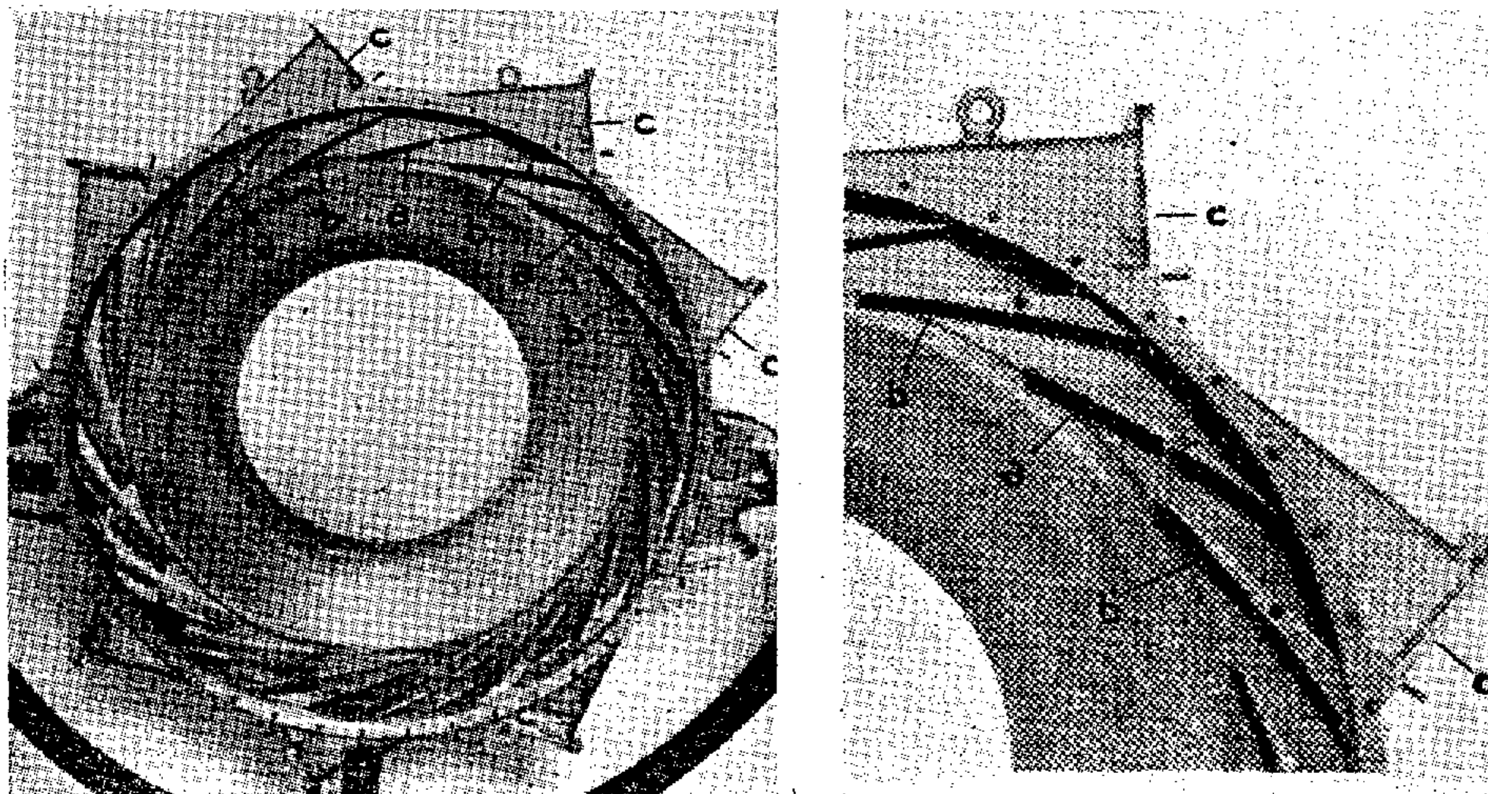


Fig. 2. — Compresseur à diffuseurs séparés, juxtaposés à la périphérie du rotor, pour écoulements trans-subsoniques (2).

valeurs convenables de la pression en aval, une onde de choc se produit, qui élève la pression, et inverse la vitesse spécifique. Le divergent fonctionne, en

aval du choc, comme un diffuseur subsonique. La vitesse au col doit être peu supérieure à celle du son, le rendement, au droit du choc et en aval, atteint alors 0,85. Si la vitesse à l'entrée est transsonique, le convergent peut être supprimé; le col et le divergent fonctionnent comme précédemment. Si la vitesse est subsonique la recompression se fait sans choc.

Des diffuseurs analogues sont maintenant utilisés industriellement, pour des compresseurs d'air centrifuges de turboréacteurs ([2]). La figure 2 montre les bords d'attaque *b* des parois qui séparent les diffuseurs juxtaposés au droit de la périphérie du rotor, lesquels sont visibles jusqu'aux sections de raccord *c*, ainsi que les aubages auxiliaires *a*. Ces diffuseurs permettent de réduire fortement les pertes d'énergie, et d'obtenir de bons rendements d'ensemble des compresseurs, atteignant 76 % ([2]), et 80 %, avec un rapport de compression de quatre. Ils ont contribué au développement de propulseurs à réaction employés pour les avions à grande vitesse.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Dissymétrie du champ due à l'entrée de tension dans les lentilles électrostatiques.* Note (*) de M. **François Bertein**, présentée par M. Jean Cabannes.

Étant donnée la lentille objectif d'un microscope électrostatique, sa connexion d'alimentation en tension perturbe l'optique de l'instrument. La lentille sera schématisée suivant la figure : trois électrodes, L, M, N de révolution autour de l'axe Oz du microscope, la tige T appliquant à l'électrode centrale M la tension V; le boîtier B de révolution autour de Oz et le tube cylindrique C d'axe $O\zeta$ coaxial à la tige T, sont au potentiel zéro. Dans un système de coordonnées cylindriques $zr\theta$ autour de Oz, les écarts de la loi de potentiel par rapport à la symétrie de révolution sont représentés par une série de potentiels de divers ordres m : $\varphi_m(zr)\cos m\theta$, les fonctions $\varphi_m(zr)$ étant par ailleurs déterminées par la connaissance de fonctions de z seul, $\Phi_m(z)$ ([1]). Ces diverses composantes φ_m sont dues à l'entrée coaxiale C, T; elles s'annulent sur les parois du boîtier et des électrodes.

En vue de les évaluer simplement, nous ne tiendrons compte ni de la portion de tige T dessinée en pointillé $[R_1 < r < R_2]$, ni des petites ouvertures circulaires permettant le passage du faisceau le long de Oz. Le mécanisme des calculs et les propriétés des fonctions permettent d'autre part de ne retenir que le premier terme des développements mis en jeu; la valeur de $\varphi_m(zr)$ dans la région de Oz est essentiellement imposée par la *décroissance de la fonction*

([2]) *Great Power from a small compass* (*The Aeroplane*, 19 avril 1946).

(*) Séance du 27 juin 1949.

([1]) F. Bertein, *Annales de Radioélectricité*, II, 1947, p. 379-408.

dans la zone hyperbolique relativement étroite ($r < R_1$), décroissance dont le calcul rend compte exactement.

a. Dans la région annulaire $R_1 < r < R_2$, l'équation de Laplace fournit

$$\varphi_m(zr) = \sum_{k=0}^{\infty} p_{mk} \cos\left[\left(k+\frac{1}{2}\right)\frac{\pi z}{a}\right] C_m\left[i\left(k+\frac{1}{2}\right)\frac{\pi r}{a}\right], \tag{1}$$

$C_m(\ )$ désigne des fonctions cylindriques (solutions de l'équation de Bessel); p_{mk} sont des coefficients évalués en exprimant que $\varphi(zr\theta)$ s'identifie sensiblement pour $r = R_2$ avec la distribution de potentiel régnant entre les cylindres T et C supposés indéfinis; on peut en déduire l'égalité suivante :

$$\int_0^a \varphi_m(zr) \sin\frac{\pi z}{a}\, dz = \frac{2V\rho_2^2}{3\pi R_2 \log\frac{\rho_2}{\rho_1}}. \tag{2}$$

Cette égalité est établie pour $r = R_2$, nous l'appliquerons plus loin pour $r = R_1$ ce qui suppose l'intervalle $(R_1 R_2)$ relativement petit.

b. Dans la région $r < R_1$, il suffit de considérer l'*intervalle* MN; adoptons le système de coordonnées $uv\theta$ à quadriques homofocales

$$r = c\sqrt{(u^2-1)(1-v^2)},$$
$$z = cuv,$$

de telle sorte que les surfaces M et N soient définies sensiblement par $v = 0$ et $v = v_0$, l'équation de Laplace y fournit φ sous la forme

$$\varphi_m(zr) = \sum_{\nu} q_{m\nu} P_\nu^m(u)\, S_\nu^m(v), \tag{3}$$

$P_\nu^m(\ )$ et $S_\nu^m(\ )$ désignent des fonctions sphériques (solutions de l'équation

de Legendre); les fonctions S_ν^m forment en particulier un système orthogonal dans l'intervalle $0 < v < v_0$, elles sont définies par la condition de s'annuler pour $v = 0$ et $v = v_0$, d'où la suite des valeurs (non entières) de ν.

(3) permet de déterminer $\varphi_m(zr)$, c'est-à-dire $\Phi_m(z)$ au voisinage de Oz en fonction de ses valeurs sur la surface $u = u_0$, limite de la région hyperbolique,

$$(4) \quad \left(1 - \frac{z^2}{c^2}\right)^{\frac{m}{2}} \Phi_m(x) = \frac{2^{\nu-1}}{c^m} \frac{\Gamma(\nu+1)\Gamma(\nu+m+1)}{\Gamma(2\nu+1)\, u_0^\nu} \left[\int_0^{v_0} \varphi_m(u_0 v)\, S_\nu^m(v)\, dv\right] S_\nu^m\left(\frac{z}{c}\right)$$

la première valeur de ν étant seule à retenir.

L'intégrale entre crochets est assimilable en première approximation à l'expression (2) (à un facteur près) en raison de l'analogie des fonctions $S_\nu^m(v)$ et $\sin(\pi v/v_0)$. Les lois de l'optique électronique permettent alors d'obtenir l'ordre de grandeur de la limite de résolution imposée par l'astigmatisme dû à $m = 2$

$$(5) \qquad \varpi_2 = \frac{2^\nu \Gamma(\nu+1)\Gamma(\nu+3)}{3\pi^2 \Gamma(2\nu+1)}\, v_0^2 \left(\frac{z_0}{a}\right)^\nu \frac{\rho_2^2 F^2}{a z_0 R_2 \log \frac{\rho_2}{\rho_1}}\, \alpha$$

(F distance focale, α ouverture des faisceaux). On trouve $\varpi_2 = 3.10^{-4}\alpha$ (millimètres), dans le cas de la lentille figurée, si $R_2 = 40^{mm}$ ($\nu = 4$); une telle valeur devient décelable pour les α usuels (valeur de 10^{-3} environ); elle se traduirait par l'apparition de figures symétriques par rapport à $\theta = 0$ lors du fonctionnement en rayons marginaux ([2]).

OPTIQUE. — *Lumière diffractée par les défauts d'homogénéité (fils) dans les instruments d'optique* ([1]). Note (*) de M. **Maurice Françon**, présentée par M. Bernard Lyot.

On rencontre souvent dans le verre d'optique de bonne qualité un défaut appelé fil. C'est un petit cylindre de grande longueur, de diamètre inférieur au millimètre et dont l'indice peut varier de quelques unités de la quatrième décimale à partir de celui de la masse. Ces défauts produisent de petits accidents dans la surface d'onde, d'où modification de la tache de diffraction : une partie de l'énergie située dans la tache centrale se répand dans les anneaux. Il en résulte un voile de l'image d'autant plus gênant que l'on aura à observer des objets de plus faible contraste. Soit un objectif de diamètre D et supposons

---

([2]) F. Bertein et E. Regenstreif, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1854.

(*) Séance du 4 juillet 1949.

([1]) *Revue d'Optique*, **27**, n° **10**, 1948, p. 595.

un fil situé le long d'un diamètre pris pour axe Oy. La variation de la phase suivant le diamètre perpendiculaire Ox est supposé donnée par

$$\frac{\varphi}{2}\left(1+\cos\frac{2\pi x}{a}\right),$$

où a est la largeur du fil et φ la différence de phase maximum introduite par le fil. Soient f la focale de l'objectif et λ la longueur d'onde.

Considérons une source ponctuelle située à l'infini sur l'axe du système et étudions les phénomènes dans le plan focal à la distance c de l'axe. Posons

$$W=\frac{\pi}{\lambda}\frac{D}{f}c, \qquad \frac{D}{a}=p.$$

Si $1/p$ est petit, l'intensité lumineuse dans une direction passant par l'axe et perpendiculaire à la direction du fil peut s'écrire à un facteur constant près

$$I=\left[\frac{2J_1(W)}{W}\right]^2+\frac{2,5}{p}\frac{2J_1(W)}{W}\left[\cos\frac{\varphi}{2}J_0\left(\frac{\varphi}{2}\right)-1\right]$$
$$+\frac{1,62}{p^2}\left[1-2\cos\frac{\varphi}{2}J_0\left(\frac{\varphi}{2}\right)+J_0^2\left(\frac{\varphi}{2}\right)\right].$$

On peut également calculer l'intensité le long d'une direction quelconque et évaluer le flux contenu dans la tache centrale de rayon $W=3,83$. En écrivant que le flux perdu par la tache centrale est inférieur à une certaine limite déduite d'une règle analogue à celle de Lord Rayleigh, on obtient la condition

$$\left|\cos\frac{\varphi}{2}J_0\left(\frac{\varphi}{2}\right)-1\right|\leqq 0,002\,p,$$

Pour $p=100$ on doit avoir $\varphi\leqq 60$; le fil ne doit donc pas introduire une différence de marche supérieure à $\lambda/6$. Pour $p=200$ on peut aller jusqu'à $\lambda/4$. Les tolérances deviennent beaucoup plus sévères lorsque l'on observe une source faible au voisinage d'une source intense. C'est le cas par exemple de la couronne solaire. Considérons maintenant un fil tel que la phase passe d'une façon brusque de 0 à φ. Si l'on a $p=100$, la différence de marche ne doit pas excéder $\lambda/180$ pour que la brillance parasite ne dépasse pas le tiers de la brillance de la couronne.

L'étude expérimentale de la lumière diffractée par les fils a été réalisée au moyen des écrans de M. Jacquinot et de ses collaborateurs. Ces écrans permettent d'avoir des directions suivant lesquelles la lumière diffractée est négligeable à partir d'une distance à l'axe de l'ordre de 3 à 4 rayons de la tache de diffraction.

EFFET RAMAN. — *Variation du spectre de Raman avec la concentration des solutions aqueuses de nitrates.* Note de MM. **Jean-Paul Mathieu** et **Mackenzie Lounsbury**, transmise par M. Jean Cabannes.

Nous avons étudié le spectre de Raman des solutions de nitrates de 17 cations, en faisant varier la concentration c depuis un équivalent-gramme par litre environ jusqu'à la saturation, parfois même au delà. Nous avons mesuré la fréquence $\Delta\nu$ des bandes en cm^{-1}, leur facteur de dépolarisation ρ et leurs intensités relatives I. Nous donnerons ici un aperçu général des résultats expérimentaux que nous avons obtenus ([1]).

1. Ce n'est que pour des concentrations inférieures à $c \sim 1$ que le spectre contient seulement les trois bandes que laisse prévoir la structure en triangle équilatéral centré admise pour l'ion NO_3^-. Cette structure apparaît donc comme une limite correspondant à l'ion entouré de façon isotrope par les molécules d'eau. Le tableau suivant donne quelques exemples de spectres de solutions diluées.

Cation.	Li.	Cu.		Ba.
c	1,0	1,2		0,6
$\Delta\nu_1$	1047	1048	($\rho = 0,25$)	1047
$\Delta\nu_4$	718	717	($\rho = 0,9$)	720
$\Delta\nu_3$	1392	1378	($\rho = 0,83$)	1380

La bande $\Delta\nu_1$ qui correspond à l'oscillation fondamentale totalement symétrique est polarisée; les bandes $\Delta\nu_3$ et $\Delta\nu_4$, qui sont dues à des oscillations dégénérées, sont dépolarisées.

2. Le premier effet de l'accroissement de la concentration est de produire pour tous les nitrates une séparation de la bande $\Delta\nu_3$ en deux autres, comme le montrent les exemples suivants. La bande de plus basse fréquence est polarisée ($\rho \sim 0,6$ à $0,7$), l'autre dépolarisée.

Cation	Na.	Li.	Be.	Zn.	Cu.	Al.
c	7,62	3,23	6,42	6,90	4,60	3,93
$\Delta\nu_3 (\pm 10\ cm^{-1})$	1357	1362	1342	1340	1347	1315
	1410	1438	1420	1408	1418	1410

Ce dédoublement s'interprète par une cessation de dégénérescence de l'oscillation fondamentale $\Delta\nu_3$. Il révèle l'abaissement de symétrie de l'ion NO_3^-, vraisemblablement dû à la déformation exercée sur l'enveloppe électronique de l'ion par l'approche d'un cation lors de la formation d'associations par paires de Bjerrum. On ne peut donc pas admettre que le tenseur de polarisa-

([1]) M. Lounsbury, *Thèse de l'Université de Paris*, 1949.

bilité de l'ion ne soit pas influencé par son entourage, même si la polarisabilité moyenne demeure constante, comme le pense Böttcher ([2]).

3. Pour certains nitrates polyvalents (Ca, Sr, Cd, Hg^{++}, Cu^{++}, Bi, Ce, La, Th) et au-dessus d'une valeur de la concentration qui dépend de la nature du cation, apparaissent des modifications plus profondes du spectre :

1° La raie $\Delta\nu_1$ s'élargit et sa demi-largeur apparente peut atteindre 20 à 30 cm^{-1}. Ce phénomène est sans doute dû dans tous les cas à l'apparition d'une nouvelle raie polarisée de fréquence légèrement inférieure $\Delta\nu'_1$, que nous avons pu mettre en évidence dans le spectre des nitrates de cuivre et de thorium à 1034 cm^{-1}.

2° Une bande nouvelle $\Delta\nu'_3$, large et diffuse comme les bandes $\Delta\nu_3$, apparaît un peu au-dessus de ces dernières; elle est double au moins dans le nitrate de thorium, et généralement dépolarisée comme le montre le tableau suivant :

Cation.	Ca.	Cu.	Ce.	La.	Th.
c	10,9	13,0	sat.	8,77	14,3
$\Delta\nu'_3$ ($\pm$ 10 cm^{-1})	1438	1481	1468	1461	1543
ρ	0,83	0,93	D	0,82	0,55

3° Une raie nouvelle $\Delta\nu'_4$ apparaît au-dessus de la fréquence $\Delta\nu_4$, ainsi que plusieurs auteurs l'avaient déjà vu ([3]); sa fréquence dépend de la nature du cation, mais non de la concentration; son facteur de dépolarisation dépend aussi de la nature du cation, comme le montrent les exemples suivants.

Cation.	Ca.	Sr.	Cd.	Cu.	Hg.	Ce.	La.	Th.
c	17,1	5,6	7,14	13,0	4,0	3,6	5,7	16,3
$\Delta\nu_4$ ($\pm$ 1 cm^{-1})	716 (D)	718	715 (D)	718 (D)	714 (P)	714 (D)	715 (D)	716 (D)
$\Delta\nu'_4$ ($\pm$ 1 cm^{-1})	746 (D)	735	739 (D)	755 (P)	741 (P)	741 (D)	743 (D)	751 (D)

L'intensité des bandes $\Delta\nu'_1$, $\Delta\nu'_3$, $\Delta\nu'_4$ croît en même temps que la concentration, relativement beaucoup plus vite que celle des bandes $\Delta\nu_1$, $\Delta\nu_3$, $\Delta\nu_4$; le phénomène est concomitant pour les trois fréquences. Nous avons étudié par photométrie photographique les variations du rapport $\sigma = I_{\nu'_4}/I_{\nu_4}$ pour les nitrates de calcium et de thorium. Ce rapport est une fonction linéaire de la concentration, comme le montrent les nombres suivants, relatifs au nitrate de thorium :

c	1,26	3,47	6,34	9,98	14,3	16,3
σ	0,2	0,5	0,9	1,45	2,1	2,45

4. Tous les résultats précédents s'interprètent en admettant qu'il existe deux états distincts de l'ion NO_3^- dans les solutions étudiées, que l'intensité des

---

([2]) C. Böttcher, *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, 65, 1946, p. 14.

([3]) A. Silveira, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 652; E. Bauer, M. Magat et A. Silveira, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 313; P. Grassmann, *Zeits. f. Physik*, 77, 1932, p. 616.

bandes $\Delta\nu_1$, $\Delta\nu_3$, $\Delta\nu_4$ est proportionnelle au nombre des ions dans un état et celles des bandes $\Delta\nu'_1$, $\Delta\nu'_3$, $\Delta\nu'_4$ au nombre des ions dans l'autre état. Ce dernier nombre est proportionnel au carré de la concentration ionique totale, ce qui ne s'accorde pas avec la loi de dilution d'Ostwald.

L'addition de sels ayant un ion commun (NO_3^- ou cation) exerce sur le spectre de Raman le même effet qu'un accroissement de concentration. L'addition de sels neutres sans ion commun agit qualitativement dans le même sens et dépend quantitativement de la nature du cation.

L'élévation de température agit sur les solutions de nitrate de thorium dans le même sens que l'augmentation de la concentration.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Nouvelle application des champs magnétiques axiaux en spectrométrie* β. Note (*) de M. **Michel Georgesco**, présentée par M. Frédéric Joliot.

A l'approximation de Gauss, l'image dans une lentille magnétique d'une source linéaire perpendiculaire à l'axe optique est un segment de droite faisant un angle Θ avec le méridien d'origine

$$\Theta = \frac{e}{2mv}\int \mathrm{H}\,dz. \tag{1}$$

Pour les électrons, après l'introduction des valeurs numériques, cette formule devient

$$\Theta = \frac{0,15}{\sqrt{\mathrm{V}}}\int \mathrm{H}\,dz,$$

avec Θ exprimé en radians, V en électrons-volts et H en gauss.

Tandis que la condition de focalisation est exprimée par

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{p'}=\frac{1}{f}=\frac{e^2}{4m^2v^2}\int \mathrm{H}^2\,dz \tag{2}$$

ou pour les électrons

$$\frac{1}{f}=\frac{0,022}{\mathrm{V}}\int \mathrm{H}^2\,dz.$$

Ainsi dans les classiques spectrographes β à lentilles magnétiques, on mesure la variation de la distance focale en fonction de H et V.

Nous avons été conduit à imaginer une nouvelle catégorie de spectrographes β particulièrement adaptée à l'étude des électrons de faible énergie; dans ces spectrographes à *rotation d'images*, la grandeur mesurée serait Θ et non plus f.

De la simple comparaison des formules (1) et (2) nous constatons les avantages suivants de cette nouvelle méthode :

(*) Séance du 18 juillet 1949.

a. Tandis que f est indépendant du signe de la charge des particules (terme en e^2) le sens de la rotation de l'image dépend du signe (terme en e) ce qui permet l'étude simultanée des β^+ et β^-.

b. L'image ne se trouvant plus dans le méridien d'origine, la protection du système détecteur contre les rayons γ directs est particulièrement simple; les γ restant dans le plan source.

c. Dans le domaine des faibles énergies, le pouvoir de dispersion par rapport aux spectrographes classiques devient considérable; pour une même variation ΔV de l'énergie des électrons la variation $\Delta\Theta$ est une fonction en $V^{-3/2}$ tandis que $\Delta f =$ const.

Pour des conditions géométriques et de champ données, la pente de $\Theta = F(V)$ peut toujours devenir plus grande que celle de $f = Q(V)$ ceci étant d'autant plus facile que V est petit.

d. Si au lieu de conserver H constant et d'étudier les variations de f ou de Θ nous maintenons ces deux grandeurs en n'agissant que sur H en fonction de V nous constatons d'après

$$\frac{1}{f} = \frac{k' H_0^2}{V}, \qquad \Theta = \frac{k'' H_0}{\sqrt{V}} \qquad \text{donc} \quad \Theta^2 f = \frac{k''^2}{k'},$$

que le produit $\Theta^2 f$ est constant, c'est-à-dire que les conditions de focalisation à f constant et de rotation à Θ constant sont réalisées simultanément, donc la même variation ΔH pour une variation ΔV de l'énergie, refocalise en f et retourne en Θ l'image électronique.

De plus l'appareil à rotation d'images, ne dépend pas au premier ordre près de la profondeur de champ de la lentille magnétique qui joue un rôle primordial dans la sensibilité et le pouvoir séparateur des spectrographes classiques.

Dans ces appareils on ne peut que trouver un compromis, entre un maximum de sensibilité correspondant à la plus faible profondeur de champ, fonction de l'ouverture numérique de la lentille et le minimum d'aberration inversement proportionnelle à cette même ouverture numérique.

Le terme ouverture numérique intervenant premièrement dans le pouvoir séparateur géométrique des spectrographes à focalisation et avec encore plus d'importance dans le pouvoir séparateur réel correspondant aux aberrations du système.

Dans l'appareil à rotation d'images, le pouvoir séparateur géométrique est donné par

$$\frac{\Delta I}{I \Delta V} = -0{,}0187\, l d^{-1} V^{-\frac{3}{2}} \int H\, dz,$$

dans laquelle I est l'intensité correspondant au maximum de la courbe caractéristique du spectrographe, l la longueur de la fente du détecteur et d sa largeur.

L'influence des aberrations transformant l'image d'une source linéaire en une portion d'une surface gauche, on a la possibilité de corriger vis-à-vis du pouvoir séparateur certaines aberrations en courbant dans les trois dimensions, soit la source, soit le détecteur; il est probablement plus avantageux de courber la source constituée par une lame activée sur sa tranche et déformée dans un support de forme appropriée.

De plus une sensibilité plus grande est obtenue du fait que l'objet au lieu d'être, en principe ponctuel, est en principe un ensemble de points sur un élément de droite, ce qui permet d'utiliser des sources notablement plus intenses tout en gardant une épaisseur très faible.

Nous avons construit sur ce principe une maquette de spectrographe dont les résultats positifs nous ont conduit à réaliser un spectrographe β dont nous espérons publier prochainement la description.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Saponification de l'éthoxy-2 cyclopropane carboxylate d'éthyle. Passage au γ éthoxy-butanolide.* Note (*) de M. **René Rambaud**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'éthoxy-2 cyclopropane carboxylate d'éthyle se dissout dans les solutions alcalines ([1]). Toutefois le résultat de l'opération est variable selon les essais : il constitue un liquide tantôt acide, tantôt lactonique.

L'apparente incohérence des premières observations faites avait pu laisser croire à une différence éventuelle dans la nature des échantillons d'éther-ester soumis à saponification [les uns provenaient de la cyclisation, sur KOH sèche, de $CH_2Cl—CHOC_2H_5—CH_2—COOC_2H_5$, d'autres de l'action de C_2H_5ONa sur $CH_2Br—CH{=}CH—COOC_2H_5$, d'autres enfin de l'action de C_2H_5ONa sur $CH_2Br—CHOC_2H_5—CH_2—COOC_2H_5$ ([1])]. Cependant tous sont, quelle que soit leur origine, absolument identiques : leurs spectres Raman sont en particulier rigoureusement comparables.

La cause de l'orientation, apparemment imprévisible, prise par la réaction se ramène à une question de séchage plus ou moins parfait d'extraits éthérés.

Après clarification, la liqueur sodique, dûment acidulée, est en effet toujours, selon la technique courante, extraite à l'éther. Si cet extrait est parfaitement desséché, le résidu que laisse la distillation du solvant fournit, par rectification sous pression réduite, une fraction *acide*. Si la dessication a été menée plus sommairement, on est conduit par une distillation et une rectification analogues à un produit *lactonique*. Le fait, vérifié à plusieurs reprises, est particulièrement indiscutable lorsqu'on opère comme suit : une même dose

(*) Séance du 11 juillet 1949.

([1]) *Bull. Soc. Chim.*, (5), 5, 1938, p. 1562.

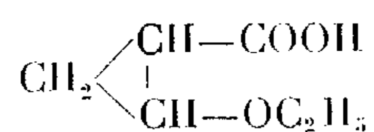
d'ester étant saponifiée, on divise en deux parts la solution éthérée obtenue par extraction. L'une est séchée avec soin : elle fournit de l'acide; l'autre l'est grossièrement : elle donne de l'olide.

L'acide présente les constantes suivantes : É 119°,75-120°,25 sous 13^{mm}; d 1,086, n_D 1,444 à 18°. Il est miscible à l'eau. Il s'oxyde spontanément à l'air et se transforme alors en acide succinique, mais il se conserve pendant quelques mois sans altération sensible dans une atmosphère d'azote. L'exposition aux rayons d'une lampe à vapeur de mercure l'altère profondément en quelques heures. Il supporte assez mal la distillation, ce qui rend difficile sa purification parfaite : les meilleurs échantillons obtenus sont toujours souillés de petites doses de produits lactoniques, décelés aux mesures acidimétriques :

PM par acidimétrie directe : 133,5,.

PM en retour après 24^h de contact avec NaOH N/10 : 129,5.

Il est hors de doute que cet acide constitue le produit primaire de la saponification. Il ne peut correspondre à d'autre formule qu'à la suivante :



Calculé pour $C_6H_{10}O_3$, PM = 130, RM = 31,02, trouvé = 31,80.

La lactone possède les constantes suivantes : É 95°,75-96°,75 sous 14^{mm}; d 1,096, n_D 1,4635 à 15°. Peu soluble dans l'eau, elle est d'une bonne stabilité à la chaleur. Il est aisé de l'obtenir pure par relargage au CO_3K_2 suivi de rectification. A l'encontre de l'acide, elle résiste parfaitement à l'irradiation par les rayons violets. Elle se conserve assez bien en atmosphère d'azote, encore qu'elle acquière, avec le temps et dans ces conditions, une légère acidité libre. A l'air, elle s'oxyde, de façon spontanée mais lente, en acide succinique et il est bon, en particulier, d'effectuer tous dosages en atmosphère inerte. On trouve alors :

PM immédiat par acidimétrie directe : infini,

PM en retour après 24 heure de contact avec NaOH N/10 : 130,5.

Ces observations permettent de conclure :

1° que l'acide et la lactone sont deux substances isomères;

2° que la seconde ne peut qu'être un produit de transformation du premier, sa genèse faisant intervenir la participation de molécules d'eau. Une vérification expérimentale de ce dernier point a d'ailleurs pu être réalisée.

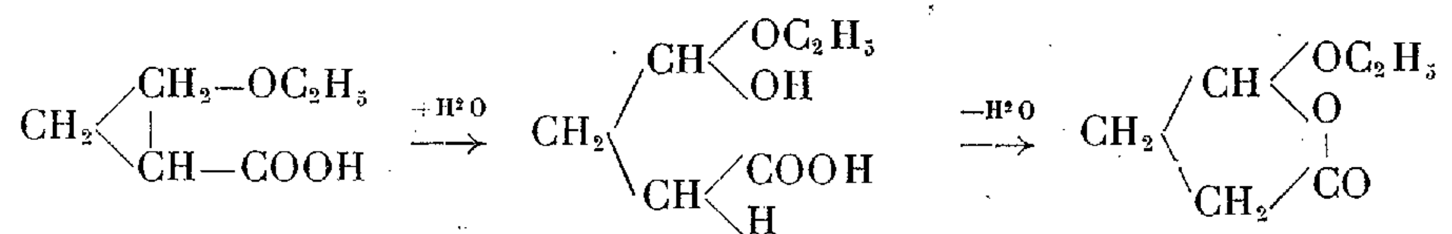
La lactone ne peut être qu'un éthoxy-butanolide :

Calculé pour $C_6H_{10}O_3$, PM = 130, RM = 31,02, trouvé = 31,04.

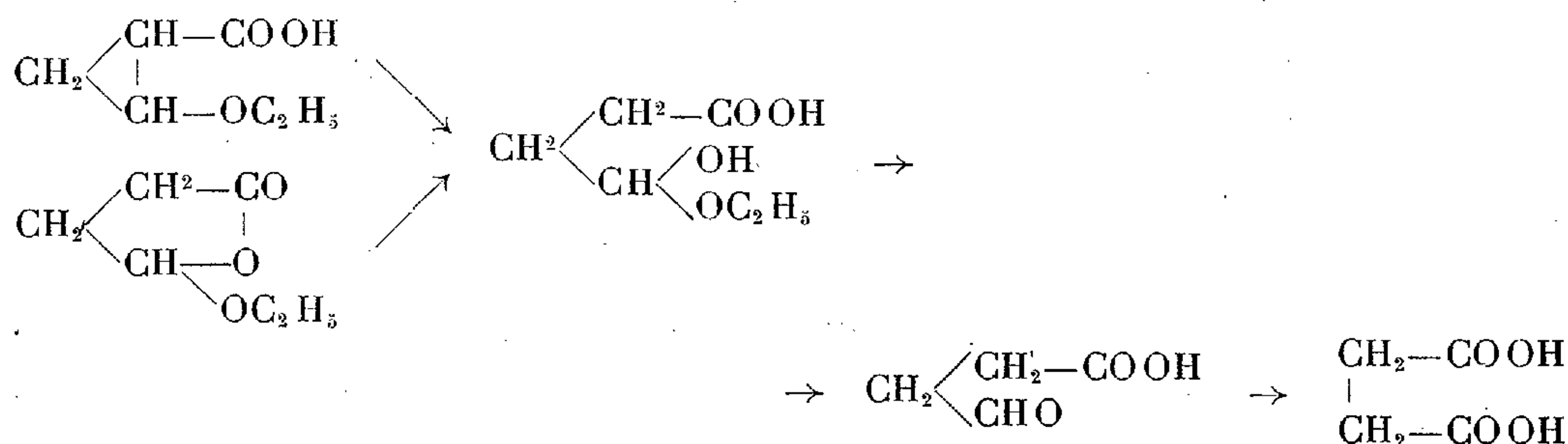
Différent de l'olide β-éthoxylé, déjà connu (²), il constitue sans aucun doute

(²) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 744.

le γ-éthoxy-butanolide. Sa production à partir de l'acide cyclopropanique peut s'imaginer de la manière suivante :



La formation, à l'air, d'acide succinique, aux dépens de l'acide comme de la lactone, s'interpréterait par un processus analogue. Déjà envisagé, pour l'acide, dans une publication antérieure (¹); on en peut formuler les diverses phases comme suit :



Les spectres Raman de l'acide et de la lactone ont été réalisés. Celui de l'acide cumule ceux de tous produits nés de l'altération qu'entraîne l'irradiation par la lumière excitatrice (on y trouve, par exemple, une raie éthylénique inattendue à 1650 cm^{-1}). Celui de la lactone présente ses raies les plus intenses à 868, 883, 1430, 1459 et 1785 cm^{-1}.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Étude par le polissage électrolytique et les rayons X de la structure cristalline de rubans ferromagnétiques.* Note de MM. **Jean Wyart** et **Israël Epelboin**, présentée par M. Charles Mauguin.

Nous avons déjà mentionné des modifications des propriétés cristallographiques dans l'épaisseur de certains rubans à haute perméabilité, accompagnant des variations des propriétés électromagnétiques [1].

L'étude systématique, à l'aide des rayons X, des paramètres cristallins et de l'état de cristallisation de différents ferromagnétiques laminés à été effectuée après les avoir soumis à des polissages électrolytiques progressifs. L'emploi des électrolytes à base d'acide perchlorique-anhydride acétique, de composition appropriée pour chaque métal et alliage et la régulation convenable de courants de polissage assurent une dissolution superficielle uniforme, de sorte que, par des pesées, on peut connaître la position de la surface étudiée et vérifier cette position par mesures directes d'épaisseur.

(¹) *J. de Physique*, **8**, 1947, p. 251.

Nous avons révélé des variations des paramètres cristallins en fonction de l'épaisseur, dans des rubans en ferronickel à texture magnétique macroscopique et fournissant des diagrammes de rayons X d'un réseau de cubes à faces centrées, comme le nickel. Il faut signaler, pour ces alliages, qu'à côté de la phase solide cubique à faces centrées prédominante, il existe une autre phase solide manifestée par quelques raies de diffraction très faibles. Nous avons utilisé les diagrammes en retour avec le rayonnement $K\alpha$ de Cu et une chambre de 480^{mm} de circonférence. L'échantillon placé sur la circonférence est animé d'un mouvement de rotation suivant le faisceau incident pour obtenir des anneaux de diffraction homogènes. Les deux raies étudiées, à l'aide des rayonnements $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$, ont pour notation 420 et 331. Les erreurs de lecture sur les diamètres des raies de diffraction sont inférieures à $0^{mm},4$, ce qui entraîne pour l'intervalle réticulaire 420 une erreur nettement plus petite que 0,00014 Å.

Voici à titre d'exemple des résultats pour des ferronickels à 76 % de nickel. Les mesures ont été faites en polissant successivement les deux faces du ruban. Les deux séries des résultats ainsi obtenus sont concordants.

1° Ruban de composition : Fe 17 %, Ni 76 %, Cu 5 %, Cr 1,5 %; brut de laminage, d'épaisseur initiale $0^{mm},11$. Tant que l'épaisseur enlevée par polissage demeure inférieure à 5 microns, on n'observe aucune variation du paramètre $a = 3{,}5447 \pm 0{,}0005$ Å. A partir de 7 microns, on observe une dilatation de plus de 2^{mm} dans le diamètre de la raie 420, traduisant un accroissement du paramètre qui devient $a = 3{,}5480 \pm 0{,}0005$ Å. Une dissolution plus importante de la surface, par polissage, ne modifie pas ce paramètre.

2° Ruban de composition : Fe 22 %, Ni 76 %, Mn 1,5 %, recuit pendant une heure à 950° et ensuite trempé à environ 750°, d'épaisseur initiale $0^{mm},20$. Tant que l'épaisseur enlevée par polissage est inférieure à 10 microns, on n'observe aucune variation du paramètre $a = 3{,}5446 \pm 0{,}0005$ Å. Par contre à 20 microns, on observe encore une dilatation. Alors le paramètre est $a = 3{,}5480 \pm 0{,}0005$ Å et il demeure ensuite constant avec le polissage.

3° Le même ruban, recuit à 450° pendant trois semaines, ne manifeste aucune variation de paramètre avec l'épaisseur et $a = 3{,}5460 \pm 0{,}0005$ Å.

Remarquons que les échantillons 1° et 2° ont même paramètre bien que de composition différente, mais avec cependant la même teneur en nickel. Un ruban renfermant comme l'échantillon 1 sensiblement le même pourcentage de fer, mais avec 79 % Ni, donne des phénomènes analogues avec le paramètre a variant de 3,5480 à $3{,}5520 \pm 0{,}0005$ Å.

Nous avons d'abord songé pour expliquer ces modifications du réseau cristallin à l'intérieur du ruban, à des résidus des tensions mécaniques produites par le laminage et plus importantes à la surface de l'échantillon qu'à l'intérieur. D'ailleurs l'examen successif des états de surfaces, au microscope et aux

rayons X, montre que les grains cristallins sont de plus grande dimension à l'intérieur du ruban.

Cependant il n'est pas exclu que les variations observées dans le paramètre cristallin proviennent d'une modification dans la composition chimique des cristallites. Ce qui expliquerait le comportement différent des échantillons 2 et 3. Le recuit prolongé de l'échantillon 3 serait accompagné d'une diffusion des atomes qui le rendrait plus homogène. Conformément aux résultats expérimentaux, le paramètre cristallin est alors la moyenne arithmétique des deux paramètres mesurés sur l'échantillon 2 hétérogène.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Sur le déterminisme de l'apparition des ouvrières et des fondatrices-filles chez les* Polistes (*Hyménoptères Vespides*). Note de M. **Édouard-Ph. Deleurance**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

On sait que chez les *Polistes,* du nid fondé au printemps par une femelle qui a hiverné, naissent d'abord des ouvrières, puis des mâles et des femelles fondatrices-filles en fin de saison. Cette évolution représente-t-elle un cycle fatal ou bien dépend-elle de facteurs externes ? C'est le problème que nous étudions dans la présente Note.

Il importe d'abord de savoir à quel stade de son développement la fondatrice-fille est déterminée. Aucun doute n'est possible : elle l'est dès son éclosion imaginale et se trouve alors en état de diapause. Ce fait élimine ainsi toute possibilité d'action sur l'imago, quant à sa caste, de l'état du nid et de la population.

Il restait à connaître si la fondatrice-fille n'était pas déterminée dès l'œuf. De ce côté, également, la réponse est formelle; des œufs destinés à produire des ouvrières nous ont fourni, au laboratoire, dans des conditions expérimentales, des fondatrices-filles.

C'est donc au cours de la vie larvaire que sont déterminées les fondatrices-filles.

Nous savions par ailleurs ([1]) que la composition qualitative de la population ne joue pas dans ce déterminisme : la *reine* produisant des fondatrices-filles avant toute intervention des ouvrières. Le problème se présentait alors sous la forme suivante : est-ce l'action pure et simple des facteurs externes sur le seul couvain qui provoque la formation des fondatrices-filles ? ou s'agit-il d'une action liée au comportement de la population adulte, cette action éventuelle étant vraisemblablement d'ordre trophique et ne pouvant intervenir que d'une façon qualitative. En effet, la taille des fondatrices-filles varie entre de larges limites : les plus petites fondatrices sont comparables aux plus petites ouvrières. Il en va d'ailleurs de même pour les mâles.

([1]) *Comptes rendus,* 226, 1948, p. 601-603.

Une première série d'expériences faites sur *P. gallicus* mit en évidence le rôle fondamental que joue la température. Ensuite furent instituées les expériences résumées dans le tableau ci-dessous.

		Températures (en °C)			
		de « jour ».		de « nuit ».	
N° du nid.	Caractéristiques.	C.	G.	C.	G.
1.	Nid ayant déjà des opercules de fondatrices-filles filés...	28	28	5	5
2.	Nid jeune : les larves les plus âgées sont près de leur terme...................	30	30	25	25
3.	Comme 2..................	30	30	5	25
4.	Comme 1..................	28	28	25	5

N. B. — Un jour sur sept les Guêpes étaient laissées au repos, sans lumière sur leurs nids.

C = Couvain; G = Guêpes.

Les résultats obtenus sont très nets :

1° les nids 2 et 3 ont donné uniquement des fondatrices-filles; 2° les nids 1 et 4 ont *redonné* des ouvrières.

Mais, fait curieux, le nid 1 a fourni des séries d'ouvrières se terminant par des fondatrices-filles, et après une série composée de 30 mâles a donné une ultime série commençant par 1 femelle fondatrice-fille [1] et se terminant par 5 ouvrières. Par ailleurs, notons que les ouvrières du nid 1 étaient de plus petite taille que celles qui avaient éclos avant l'expérience, et ce, malgré l'évidente augmentation de la capacité trophique de la société. Par contre, les femelles fondatrices-filles étaient de plus grande taille.

En conclusion nous dirons :

1° *Il n'existe pas de cycle fatalement fixé chez les Polistes.*

2° La température est un élément déterminant de l'apparition des ouvrières et des fondatrices-filles.

3° Elle agit sur les adultes du nid et non directement sur le couvain.

4° On peut supposer que les adultes ne fournissent pas la même qualité d'aliment aux larves [2].

5° Le point critique de *virage* pour ces dernières se situe vers le tiers de leur développement; passé ce stade, en effet, comme le montrent nos relevés, les larves ont donné des femelles fondatrices-filles.

---

(1) Nos femelles fondatrices-filles ayant été fécondées sous nos yeux, aucune erreur d'interprétation n'est possible.

(2) Nos résultats contredisent l'opinion de L. Pardi (*Physiological Zoölogy*, Vol. 21, 1948, p. 13) qui fait dépendre de la dominance l'orientation ultime des imago dans le sens fondatrice-fille. Mais cette opinion n'est fondée sur aucune expérience.

BIOLOGIE. — *Sur le mécanisme des toxalbumines : cas de la ricine.* Note (*) de Mmes **Éliane Le Breton** et **Yvonne Moulé**, présentée par M. Robert Courrier.

Dans une Communication préliminaire (¹) nous avions montré que des préparations purifiées de ricine, contenant seulement 2 protéines distinctes, étaient douées d'une activité protéolytique évoluant comme le pouvoir toxique de ces préparations. Cette propriété enzymatique permettait d'expliquer les singularités observées par Heidelberger et ses collaborateurs (²) au cours de recherches sur la ricine et conduisait à une intéressante hypothèse sur le mécanisme d'action de cette protéine hautement toxique. Notre conclusion ne pouvait être adoptée sans conteste que si les mêmes faits se retrouvaient sur une préparation homogène de ricine. Nous apportons ici la preuve que la ricine est bien un enzyme protéolytique et que toxicité et activité protéolytique appartiennent à la même protéine.

Le problème consistait à séparer aussi quantitativement que possible les deux constituants que nous avions mis en évidence dans nos solutions les plus purifiées. Nous nous sommes adressées tout d'abord à l'*électrophorèse* pour effectuer la séparation.

Les examens ont été faits en collaboration avec S. de Mende; le détail en paraîtra ailleurs (³). Les conclusions furent les suivantes : 1° Quatre préparations nous ont donné les mêmes diagrammes montrant la présence de seulement deux constituants A et B de mobilités voisines aux divers pH; 2° les mobilités constatées pour les deux fractions sont en accord avec des chiffres publiés par Kabat, Heidelberger et Bezer (²) pour leur ricine B_1.

Nous avons pu effectuer la séparation des deux constituants à Bâle dans les laboratoires Sandoz. A un pH de 4,2, nous avons obtenu les trois fractions suivantes : *fraction* 1 prélevée sur le *rising boundary* constituée d'au moins 85 % de A et de 15 % au plus de B; *fraction* 2 prélevée sur le *descending boundary* constituée d'environ 70 % de B et de 30 de A; *fraction* 3 récupérée à la fin de l'électrophorèse, analogue à la solution initiale où A et B existent en quantités sensiblement égales. Sur ces trois fractions, ainsi que sur la solution initiale nous avons déterminé les activités toxique et enzymatique. L'activité protéolytique est exprimée en milligrammes d'azote solubilisé en 48 heures à 37° par 100^{mg} de protéine de la fraction examinée, à partir d'une solution de caséine Hammarsten. La toxicité a été établie soit sur des rats mâles de 190 ± 20^g, soit sur des souris mâles de 20 ± 2^g. Injections : sous-cutanées pour le Rat, intrapéritonéales pour la Souris. Les résultats sont résumés ci-après :

(*) Séance du 4 juillet 1949.

(¹) E. Le Breton et Y. Moulé, *Cong. Chim. Biol.*, Paris, octobre 1948; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **31**, 1949, p. 94.

(²) E. A. Kabat, M. Heidelberger et A. E. Bezer, *J. Biol. Chem.*, **168**, 1947, p. 629.

(³) Y. Moulé, *Arch. Sc. Physiol.*, III, fasc. 3, à paraître.

Avant électrophorèse.

Composition des solutions essayées.	Activité protéolytique.	Dose toxique pour le Rat en γ (1/1000 de mg).	Rapport. Activité protéol. / Toxicité Rat.	Dose toxique pour la Souris en γ (1/1000 de mg).	Rapport. Activité protéol. / Toxicité Souris.
Solution initiale : 50 % A + 50 % B.	7,5	1,8	13,5	0,14	10,5

Après électrophorèse.

Composition des solutions essayées.	Activité protéolytique.	Dose toxique pour le Rat en γ (1/1000 de mg).	Rapport. Activité protéol. / Toxicité Rat.	Dose toxique pour la Souris en γ (1/1000 de mg).	Rapport. Activité protéol. / Toxicité Souris.
Fraction **1** : 85 % A + 15 % B.	5,4	2,7	14,5	0,20	10,8
Fraction **2** : 70 % B + 30 % A.	5,21	2,7	14	0,20	10,4
Fraction **3** : 50 % A + 50 % B.	4,80	2,7	12,96	0,20	9,6

On voit que 1° la solution initiale contenant les deux protéines A et B en quantités égales, a subi, du fait des manipulations, une chute et d'activité protéolytique et de toxicité;

2° que les deux fractions 1 et 2, l'une très riche en protéine A, l'autre en protéine B, présentent mêmes *activités toxique et enzymatique*, aux erreurs d'expériences près;

3° que les quatre solutions ont sensiblement *même rapport : activité protéolytique/toxicité*.

Conclusion. — Les deux protéines contenues dans nos préparations sont deux formes de la ricine; cette ricine est un enzyme protéolytique, ce qui explique sa haute toxicité : introduite dans l'organisme, elle détruirait dans les cellules par protéolyse, un apoenzyme déterminé, constituant son substrat spécifique. Cette destruction entraînerait secondairement l'arrêt d'une fonction vitale importante, dont cet apoenzyme est l'agent ([4]). Nous espérons pouvoir préciser ultérieurement le système enzymatique atteint par la ricine. Le mécanisme d'action mis ici en évidence pour la ricine est susceptible, pensons-nous, d'expliquer la haute toxicité de certaines toxines bactériennes.

BIOLOGIE. — *Courbes de survie de levures haploïdes et diploïdes soumises aux rayons* X. Note (*) de MM. **Raymond Latarjet** et **Boris Ephrussi**, présentée par M. Robert Courrier.

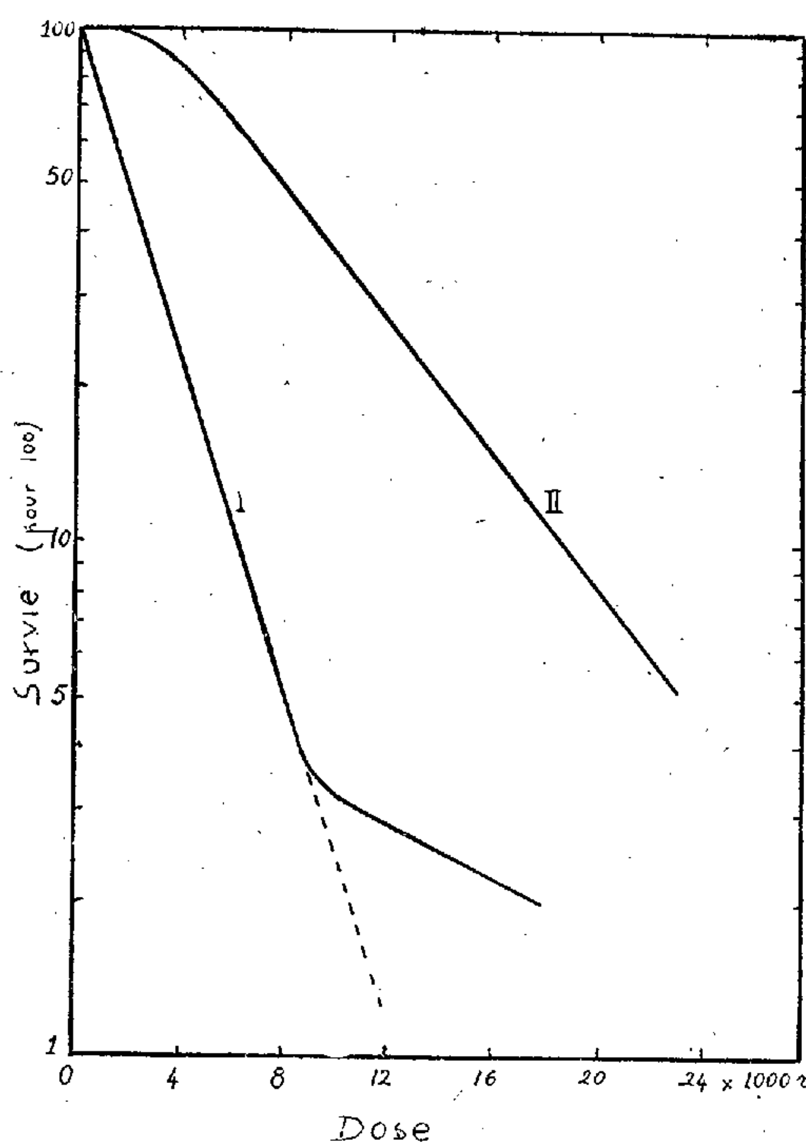
De nombreux auteurs ont obtenu des courbes du type sigmoïde pour la survie des levures sous l'action des radiations ionisantes. En particulier, Latarjet

([4]) Lorsqu'on substitue à la caséine, la ribonucléase comme substrat d'attaque par la ricine, la protéolyse est importante.

(*) Séance du 11 juillet 1949.

a obtenu une courbe à deux coups avec *Saccharomyces ellipsoideus* (¹) et, utilisant des radiations à haute densité d'ionisation, a montré, avec Frilley, que ces deux coups correspondent à l'atteinte de deux cibles distinctes (²).

On pouvait se demander si ce résultat n'était pas la conséquence de la nature diploïde des levures utilisées. Il nous a donc paru intéressant d'irradier des levures haploïdes et diploïdes dérivées d'une même souche, et de comparer leurs courbes de survie. Dans les expériences suivantes, nous avons utilisé : *a.* une série de lignées haploïdes constituées à partir de spores isolées de *S. cerevisiæ; b.* la souche diploïde mère; *c.* une lignée diploïde provenant de la diploïdisation *illégitime* d'une des lignées haploïdes.



Courbes de survie de levures appartenant à deux lignées apparentes.
I. Haploïdes. II. Diploïdes.

Les cellules d'une culture âgée de quelques jours, dispersées sur milieu nutritif gélosé, étaient soumises, suivant une technique déjà décrite (¹), à des doses croissantes de rayons X (anticathode de molybdène sous 33 kV, 15 à 30 mA, λ moyenne : 0,9 Å, intensité au niveau de la préparation : 4 000 à 8 000 r par minute). Les radiolésions étaient observées et dénombrées au microscope après 20 heures d'incubation à 25°. Les colonies étaient également dénombrées à l'œil nu après 50 heures d'incubation.

(¹) R. LATARJET, *Ann. Inst. Pasteur*, **70**, 1944, p. 277.

(²) M. FRILLEY et R. LATARJET, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 480.

Chez les levures haploïdes, les radiolésions observées à la 20e heure sont irréversibles : morts immédiates (cellules uniques) et morts différées (courtes chaînettes de cellules géantes). Chez les diploïdes, on observe en outre de fréquentes restaurations : les chaînettes de cellules géantes sont plus longues; souvent, l'une d'elles donne naissance à une cellule d'apparence normale, source d'une colonie normale. Ces figures sont si caractéristiques que le simple examen au microscope permet de dire qu'il s'agit de levures diploïdes.

Pour l'établissement des courbes de survie, nous avons considéré comme survivants toutes les cellules capables de multiplication indéfinie, que le rythme de celle-ci ait été, ou non, ralenti au début par une lésion réparable. Avec les diploïdes, nous avons retrouvé les courbes sigmoïdes obtenues par les auteurs précédents. En revanche, les haploïdes nous ont fourni des courbes de survie exponentielles du type à un coup, telles qu'on en obtient avec les virus et les bactéries. Les cibles inférées à partir des pentes de ces courbes, en supposant les ionisations non groupées et toutes efficaces, correspondent à des sphères dont les rayons se situent entre 33 et 38$^{m\mu}$ [3]. Cette différence des courbes de survie entre haploïdes et diploïdes a été retrouvée dans tous les cas. Mais nos données actuelles ne permettent pas encore d'en préciser la signification.

La mort d'une cellule diploïde, dans la mesure où elle résulte d'atteintes chromosomiques, exige soit la production de mutations léthales récessives en deux loci homologues, soit, plus rarement, d'une seule mutation léthale dominante. La courbe sigmoïde obtenue pourrait résulter de la combinaison de ces deux processus.

RADIOBIOLOGIE. — *Nouvelles recherches expérimentales sur la restauration en radiobiologie*. Note (*) de MM. **Paul Lamarque** et **Pierre Bétoulières**, présentée par M. Léon Binet.

Nous avons montré précédemment que les œufs de *Bombyx Mori* de race indigène et convenablement sélectionnés se prêtaient parfaitement à certaines expériences de radiobiologie. Si l'on prend comme effet perceptible, le pourcentage des éclosions on constate qu'il varie graduellement en fonction de la dose administrée. Les courbes obtenues sont du type sigmoïde, montrant par là qu'il faut porter plusieurs coups dans une zone sensible pour produire l'effet.

Nous avons utilisé des rayons X émis sous 54 kV et donnant à la surface de

---

[3] Les courbes de survie des levures haploïdes sont cassées, la pente devenant soudain moins accusée à partir d'un certain pourcentage de survivants qui est d'autant plus faible que la culture est plus âgée. Cette cassure résulte de la présence, chez les haploïdes, à côté de cellules isolées, d'amas de quelques cellules qui, après étalement, donnent une colonie unique aussi longtemps qu'ils contiennent une cellule non stérilisée par le rayonnement.

(*) Séance du 18 juillet 1949.

la préparation un débit de 3000 r/min; et des rayons gamma fournis par des tubes de radium filtrés par $0^{mm},5$ de platine. Les doses de rayons X étaient mesurées par une chambre d'ionisation spécialement étalonnée pour la qualité du rayonnement utilisé. La dose de radium était estimée en partant du fait généralement admis que 1^{mg} de radium filtré par $0^{mm},5$ Pt donne à 1^{cm} d'un point source une dose de 7,8 r/heure. De ce fait toutes nos doses ont été exprimées en Rœntgens.

Dans le cas d'une irradiation continue avec un débit de 3000 r/min, nous avons obtenu des courbes exactement superposables lorsque les œufs étaient mis en incubation aussitôt après l'irradiation et lorsqu'on les faisait séjourner en glacière pendant 24 heures après l'administration de la dose avant de les mettre à incuber. Ces résultats en parfait accord avec nos constatations antérieures semblent bien confirmer qu'il ne se produit aucune restauration décelable en glacière probablement par suspension de toute activité métabolique par le froid.

Des œufs irradiés en glacière par du radium avec un débit de 13 r/min donnent une réponse exactement superposable aux précédentes. Ce résultat montre la parfaite indépendance, de l'effet observé, vis-à-vis de la qualité du rayonnement utilisé. Comme dans des expériences antérieures nous avons constaté la même indépendance vis-à-vis de rayons X émis sous 200 kV nous pouvons en déduire qu'entre 0,2 et 0,008 Å la qualité du rayonnement ne paraît jouer aucun rôle dans l'obtention de l'effet que nous avons choisi.

Des œufs irradiés avec la même source de radium mais à la température de 21° C, ont fourni des courbes nettement différentes des précédentes, soulignant qu'il faut presque doubler la dose pour obtenir un même effet. Ces derniers résultats nous paraissent confirmer d'une manière éclatante le phénomène de restauration, lorsque l'élément biologique conserve toute son activité.

Nous avons également utilisé la méthode des irradiations fractionnées avec deux et avec trois doses partielles, nous ne nous sommes servis dans ce cas que des rayons X avec un débit de 3000 r/min. Nous avons choisi des intervalles de 8, 16, 24 et 48 heures. Nous avons irradié de très nombreuses séries. Chacune d'elles était divisée en deux catégories. Dans la première, les différents lots irradiés étaient mis en glacière dans l'intervalle de temps qui séparait l'administration des doses partielles, dans la seconde, les lots irradiés étaient maintenus à la température de 21° C. Tous les éléments mis en glacière ont donné des réponses exactement superposables à celles consécutives à l'irradiation unique et par conséquent ne présentaient aucun phénomène de restauration. Mais tous les lots qui n'ont pas été mis en glacière ont manifestement accusé une restauration importante, puisqu'il a été nécessaire d'augmenter de 1/3 environ la dose totale pour obtenir un même effet. Le fait observé que l'augmentation de la dose est à peu près la même dans tous les cas, nous incite à penser que la restauration des effets élémentaires, susceptibles de réparer le

dommage causé par les rayons est assez rapide et certainement terminée huit heures après l'irradiation qui l'a provoquée.

Parmi les types de courbes expérimentales obtenues avec des irradiations fractionnées, il en est cependant qui s'écartent nettement du type normal. Ce sont ceux qui répondent aux intervalles de 24 heures, il est assez curieux de constater qu'on les retrouve exactement identiques à eux-mêmes pour les irradiations triples aussi bien que pour les irradiations doubles; et seulement pour les lots placés en glacière pendant les intervalles de repos. Cette constatation difficilement explicable pour le moment, suggère la possibilité d'un rôle particulier se rattachant au rythme chronologique du fractionnement.

Nous avons enfin constaté que pour les irradiations effectuées en glacière avec des débits de 13, 6,5 et 1,3 r/min, il existait pour le plus faible débit une légère restauration qui soulignerait, qu'en réalité, l'activité biologique des œufs n'est pas totalement abolie mais simplement très réduite par le froid. Cette constatation paraît en accord avec le fait bien connu des sériciculteurs que les œufs subissent une certaine maturation pendant le séjour en chambre froide au cours de l'hibernation.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action des inhibiteurs sur l'adaptation au d-sorbitol de suspensions d'Esch. coli lavé.* Note (*) de M. **Albert-Jean Rosenberg**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons publié (¹) les résultats de l'adaptation au *d*-sorbitol de suspensions d'Esch. coli lavé (souche M), en présence d'un seul acide aminé, l'acide *l*-glutamique, l'acide *l*-aspartique ou la *l*-alanine. Nous avons trouvé que l'acide aminé doit être métabolisé pour permettre la formation de l'enzyme oxydant le *d*-sorbitol. En partant de ce fait, nous avons étudié l'action, sur le métabolisme des acides aminés, de différentes substances connues comme inhibitrices de l'adaptation (2.4-dinitrophénol, azoture de sodium (NaN_3), glucose et arsénite de sodium).

Nous avons ajouté le 2.4-dinitrophénol M/4000, l'azoture de sodium M/250 et l'arsénite de sodium M/1000 (toutes les concentrations indiquées sont des concentrations finales) à l'acide glutamique seul ou au mélange acide glutamique + *d*-sorbitol (²). Nous avons observé que la consommation d'oxygène diminue de 80 % environ et que les courbes sont identiques dans les deux cas. L'azoture de sodium et le 2.4-dinitrophénol inhibent l'adaptation parce qu'ils empêchent la désamination, supprimant ainsi la source d'azote. L'arsénite de sodium n'empêche pas la désamination, mais inhibe l'oxydation du produit de la désamination, l'acide α-cétonique. La présence d'une source d'azote ne suffit

(*) Séance du 18 juillet 1949.

(¹) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 257.

(²) Pour les détails expérimentaux, voir (1).

pas pour la formation de l'enzyme attaquant le *d*-sorbitol, parce que l'acide aminé est non seulement une source d'azote, mais aussi une source d'énergie — après désamination — sous forme d'acide α-cétonique. Donc, le réarrangement des protéines pour former l'enzyme nécessite non seulement une source d'azote mais également une source d'énergie. Ces résultats ont été obtenus avec des suspensions de bactéries lavées dont la densité optique est restée constante pendant l'adaptation. (Durée de l'expérience : 6 heures.)

L'action inhibitrice du glucose est déjà connue et nous l'avons également observée sur l'adaptation au *d*-sorbitol d'Esch. coli cultivé en présence du glucose. Elle s'explique par l'arrêt du métabolisme des acides aminés. En effet, l'acide glutamique n'est désaminé que très faiblement par les suspensions de bactéries cultivées sur milieu glucosé.

En conclusion, l'action des inhibiteurs étudiés serait liée à la perturbation du métabolisme des acides aminés. Cette perturbation peut se porter soit sur la désamination elle-même, en empêchant la formation de l'azote disponible, soit sur le métabolisme ultérieur du produit de la désamination, inhibant ainsi la libération de l'énergie nécessaire pour le réarrangement des protéines en enzyme.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Caractérisation et dosage de l'acide* d-*glutamique dans les protéines de tissus normaux et néoplasiques et les protéines microbiennes.* Note (*) de MM. **Paul Boulanger** et **Roger Osteux**, présentée par M. Maurice Javillier.

La méthode utilisée repose sur l'action de la décarboxylase bactérienne de *Clostridium Welchii SR* 12, type *A*, mise en évidence par Gale, et qui est rigousement spécifique de l'acide glutamique naturel. La réaction est quantitative et il suffit de déterminer manométriquement le CO_2 dégagé et d'en déduire ensuite le poids d'acide *l*-glutamique contenu dans la prise d'essai. Si l'on pratique simultanément un dosage de l'acide glutamique *total* (formes *l*, *d* et *dl*), on peut par différence obtenir le taux d'acide *d*.

Le mode opératoire est le suivant. L'acide glutamique est isolé de l'hydrolysat protéique par adsorption chromatographique sur alumine *acide*, selon la technique de Wieland [1] légèrement modifiée : l'élution est réalisée avec de l'acide acétique N/3 et non N/2, ce qui évite plus sûrement l'entraînement simultané d'acide aspartique. La pureté de l'éluat est toujours soigneusement vérifiée par chromatographie de partage sur papier, selon Martin, Gordon et Synge. On procède alors à un dosage de l'azote aminé total par la méthode à l'acide nitreux de Van Slyke, et à un dosage de l'acide *l*-glutamique par la décarboxylase bactérienne suivant la technique de Gale. Nous avons naturellement contrôlé au préalable que les trois formes de l'acide glutamique avaient

---

(*) Séance du 18 juillet 1949.

[1] *Ber. d. dtsch. chem. Ges.*, **75**, p. 1001 et **76**, p. 823.

le même comportement dans l'adsorption sur alumine, l'élution, et le dosage à l'acide nitreux.

Comme nous n'effectuons qu'une élution partielle de l'acide glutamique, de façon à obtenir une fraction rigoureusement pure, nous faisons un troisième dosage de l'acide *l*-glutamique dans l'hydrolysat primitif, ce qui nous indique la teneur totale de la protéine en forme *l* et, par une simple règle de trois, en forme *d*.

Après action de la décarboxylase sur l'hydrolysat ou sur l'éluat, le résidu est déféqué à l'acétone, évaporé sous pression réduite, et repris par une faible quantité d'eau. La solution ainsi obtenue est soumise à la chromatographie de partage sur papier, de façon à y mettre en évidence la présence éventuelle d'acide *d*-glutamique, non attaqué par la décarboxylase. Pour obtenir une plus grande précision, nous faisons deux chromatogrammes successifs, dont le premier sert uniquement à isoler l'acide glutamique et à préparer une solution plus concentrée; cette façon de procéder permet de déceler et d'apprécier avec une approximation suffisante des taux d'acide *d*-glutamique aussi faibles que 0,5 % de l'acide glutamique total.

	Acide glutamique trouvé (en grammes pour 100g de protéines sèches).						Chromatographie sur papier.	
Protéines.	*l* et *dl* dans l'éluat (Van Slyke).	*l* dans l'éluat (Gale).	*l* total (Gale).	*l* et *dl* total.	*d* total.	% de *d* par rapport à l'acide total.	Estimat. de la tache (en μg).	% de *d*.
I. *Animales :*								
Muscle de bœuf	8,33	8,25	14,06	14,20	0,14	1	2	1
Cœur de porc	9,22	9,08	12,32	12,51	0,19	1,5	3	1,5
Rein de porc	7,52	7,41	9,25	9,38	0,13	1,5	3	1,5
Rein de porc 1g + ac. *d*-glut. 10mg (*d* théor. : 10,9 % par rapport à l'ac. glut. total)	6,27	5,60	9,32	10,43	1,11	10,6	20	10
Rein de porc 1g + ac. *d*-glut. 5mg (*d* théor. : 6,37 %)	7,09	6,63	9,27	9,92	0,65	6,55	15	7,5
II. *Néoplasiques :*								
Benzopyrène (rat)	6,95	6,80	10,15	10,37	0,22	2,1	2,5	1,2
Epithélioma de Guérin (rat)	7,51	7,24	11,37	11,50	0,13	1,2	2	1
Sarcome de Jensen (rat)	6,79	6,67	8,76	8,92	0,16	1,8	3	1,5
Carcinome de Walker (rat)	6,52	6,36	8,10	8,30	0,20	2,4	3	1,5
Liposarcome de Dael (cobaye)	7,09	7,05	8,82	8,87	0,05	0,6	1	0,5
III. *Microbiennes :*								
Bacillus Anthracis (*I. P. Lille* n° 44)	4,77	2,80	7,40	12,60	5,2	41,3	70	40
Choléra Ogawa (*I. P. Lille* n° 41)	3,92	3,87	7,10	7,19	0,09	1,2	2	1
Clostridium Welchii SR12 (*NCTC* n° 6784)	6,04	5,96	11,90	12,06	0,16	1,3	4	2
Clostridium Welchii BW 21 (*NCTC* n° 6785)	5,83	5,70	9,21	9,42	0,21	2,2	5	2,5
Streptococcus fœcalis (*NCTC* n° 6783)	7,15	6,61	7,94	8,59	0,65	7,64	15	7,5

Le tableau ci-contre résume nos résultats. On voit que la teneur en acide *d*-glutamique des protéines de tumeurs expérimentales est du même ordre de grandeur que celle des protéines normales : nous ne retrouvons pas les chiffres publiés antérieurement par Kögl et ses collaborateurs, tandis que la confirmation de la présence d'acide *d*-glutamique dans les produits d'hydrolyse de certains micro-organismes constitue une justification précieuse de notre méthode expérimentale.

NUTRITION. — *Nouvelles études sur la valeur alimentaire du Maïs : facteur limitant et relations aminoacides-niacine.* Note (*) de Mme **Janine Creveaux-Bourgeat**, Mlle **Thérèse Terroine** et M. **Raymond Jacquot**, transmise par M. Robert Courrier.

Il était classique d'admettre que la lysine jouait le rôle de facteur limitant pour le Maïs comme pour la majorité des céréales. Cette notion demande à être rediscutée en raison des travaux récents des physiologistes américains, de l'École d'Elvehjem notamment. Ces auteurs ont en effet montré que dans *certaines conditions expérimentales*, l'arrêt de croissance provoqué par introduction de Maïs dans le régime pouvait être indifféremment corrigé par le tryptophane ou l'acide nicotinique. Cette découverte peut inciter à croire que l'inaptitude du Maïs à la croissance est conditionnée par une déficience en tryptophane ou en niacine. Par ailleurs, plusieurs auteurs (Singal et coll., Rosen et coll., Luecke et coll., Krehl et coll. etc.) attribuent au tryptophane le rôle de précurseur de la niacine, reconnaissant ainsi l'existence de relations obligatoires entre ces deux corps et les associant étroitement dans les processus anaboliques. Nous avions déjà abordé cet important problème et nos premières conclusions ne cadraient pas absolument avec les conceptions américaines. Nous apportons actuellement les résultats de nouvelles expériences.

Nature du facteur limitant. — Nos premières recherches étaient relatives à la valeur alimentaire du pain de maïs ([1]). Nous utilisions un régime composé uniquement de blé et maïs, très différent du régime d'Elvehjem beaucoup plus complexe et qui renferme notamment de la caséine. Par la suite, nous avons gardé notre première formule et réalisé une ration constituée à parties égales de farine blanche et de semoule de maïs ([2]). Dans ces conditions, nous avons montré que seule la lysine supplémentait efficacement le régime, alors que le tryptophane et la niacine, même en association, demeuraient sans effet. Pour vérifier cette conclusion, nous avons réalisé les essais suivants : Des rats de 50^g ont été répartis en 4 lots homogènes (6 animaux par lot) et alimentés au régime de base, seul (lot 1), complémenté en tryptophane (lot 2), ou en hydrolysat

(*) Séance du 4 juillet 1949.

([1]) *J. Recherches CNRS*, n°s 4-5-39, 1948, et *Ann. Nutrit.*, 2, 1948, p. 685.

([2]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 305.

acide de caséine privé de tryptophane (lot 3) ou en hydrolysat de caséine enrichi de tryptophane (lot 4). Des animaux placés à un régime industriel standard servaient de témoins (lot 5). L'expérience a duré 83 jours et les moyennes des croissances journalières ont été les suivantes :

Régime.	Gain de poids moyen (g/jour).
R. B. (50 % farine blanche + 50 % farine de maïs)	1,36
Id. + 0,5 % dl-tryptophane	1,18
» 2,5 % hydrolysat de caséine sans tryptophane	2,15
» 2,5 % » avec » (1,5 %)	2,14
Régime industriel pour rat	2,09

Ces valeurs confirment entièrement nos premiers résultats (2) : dans nos conditions de travail, l'addition de tryptophane (lots 2 et 4) n'améliore aucunement la croissance. L'action supplétive très nette de l'hydrolysat de caséine peut être entièrement attribuée à la richesse de cette substance en lysine. Cet acide aminé est bien *le facteur limitant* du maïs et ni le tryptophane, ni la niacine ne s'avèrent capables de le valoriser. Les faits décrits par Elvehjem et ses collaborateurs ne concernent donc pas directement le Maïs, mais semblent caractéristiques du régime complexe utilisé par eux.

Relations entre tryptophane et niacine. — Nous avons dosé la vitamine PP dans les foies des animaux dont nous avions étudié la croissance. Voici les résultats moyens, chaque valeur se rapporte à 6 rats :

Régime.	Valeurs moyennes en γ/g de foie frais.	Valeurs extrêmes (γ).
1. Farine blanche 50 % + farine de maïs 50 %	148	139-161
2. Id. + 0,5 % dl-tryptophane	192	163-220
3. Id. + hydrolysat de caséine sans tryptophane	182	162-200
4. Id. + hydrolysat avec tryptophane	188	165-208
5. Régime standard	162	139-186

Ici aussi nous trouvons des résultats conformes à nos premières observations ([3]); l'addition de tryptophane au mélange maïs-blé augmente la réserve hépatique de niacine. Mais, comme nous l'avions déjà signalé, cette augmentation est de faible amplitude et ne dépasse pas 30 %. Par ailleurs une mixture d'autres acides aminés à l'exclusion du tryptophane possède la même action et dans ce cas un enrichissement nouveau en tryptophane ne produit aucun effet

---

([3]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 370.

additionnel. Il nous semble donc que les quantités de tryptophane ingéré ne conditionnent pas exclusivement la teneur du foie en niacine et que d'autres facteurs nutritionnels peuvent intervenir dans le métabolisme de la vitamine PP, soit en réglant son utilisation (et par la même sa mise en réserve), soit en orientant sa synthèse.

En conclusion, la lysine supplémente un régime simple à base de maïs, alors que l'addition de tryptophane ou de niacine n'a aucune répercussion sur la croissance. S'il est vrai que l'enrichissement d'un tel régime en tryptophane détermine une élévation du taux de niacine dans le foie, un hydrolysat de caséine privé de tryptophane présente la même propriété et sa complémentation ultérieure ne détermine aucun bénéfice supplémentaire. Nous croyons pouvoir apporter notre contibution au délicat problème des relations entre vitamines et aminoacides en disant que la richesse du foie en niacine est réglée par de nombreux facteurs extrinsèques, dont le tryptophane n'est qu'un représentant.

MICROBIOLOGIE. — *Procédé rapide de préparation de milieux de culture au silicogel.* Note de MM. **Jacques Duché** et **Jean Neu**, présentée par M. Roger Heim.

L'identification précise des microorganismes est toujours une opération délicate. Celle-ci est d'autant moins difficile que l'on dispose de plus de caractères distinctifs. L'un de nous [1] a déjà insisté sur le parti que l'on pourrait tirer de la morphologie du thalle ou de la colonie, pour la séparation d'espèces voisines, à la condition toutefois de suivre un certain nombre de règles que nous énumérerons plus loin.

Ce sont les milieux solides qui permettent d'observer sur les thalles ou les colonies le plus de caractères. La vitesse de croissance, la forme, la surface, brillante ou mate, lisse, granuleuse ou plissée, l'aspect des bords, la couleur de la face ou du revers ainsi que l'évolution de ces caractères avec l'âge de la culture, sont autant d'éléments essentiels permettant l'identification, éléments aussi constants que le sont les dimensions des cellules constituant l'organisme.

Pour que deux expérimentateurs puissent confronter leurs observations, il est nécessaire qu'ils puissent reproduire d'une façon aussi rigoureuse que possible des conditions de culture identiques. Les plus importantes de ces conditions sont : l'ensemencement monosperme, la dureté ou compacité du milieu, la température et l'humidité, la composition chimique.

---

(1) Jacques Duché, *Les Actinomyces du groupe albus* (*Encyclopédie mycologique*, Paris, 1934).

La constance de la composition chimique est facile à réaliser lorsqu'il s'agit de cultures en milieux liquides; il n'en est pas de même pour les milieux solides. La gélose et la gélatine, qui servent habituellement à leur préparation, sont des substances contenant des impuretés qu'il n'est pas commode d'éliminer. Les microbiologistes ont cherché à leur substituer des substances minérales, le plâtre, la silice. La première s'imprègne mal de substances nutritives. Elle ne sert guère qu'à l'étude des organes de fructification des levures ascosporées. La seconde est surtout réservée à l'étude des organismes, ne pouvant pas se développer en présence de traces de matières organiques telles que les bactéries autotrophes. Son emploi n'a pas été généralisé à cause des difficultés de préparation.

E. Grimaux [2], en 1884, observe la formation d'un gel de silice à partir d'un silicate. W. Khüne [3], en 1890, utilise ce gel pour la préparation d'un milieu de culture, et S. Winogradsky [4] en 1891, prépare des milieux de culture en précipitant le silicate de soude par l'acide chlorhydrique, ce qui lui permet d'obtenir le développement des bactéries de la nitrification. Depuis, de nombreuses variantes de cette préparation ont été données.

Les différentes phases de ces préparations sont les suivantes : précipitation de la silice du silicate de soude par l'acide chlorhydrique, lavage à l'eau ordinaire, puis à l'eau distillée pour l'élimination du chlorure de sodium, imprégnation extérieure par la solution nutritive.

Le lavage est long, le chlorure de sodium s'élimine difficilement, la solution nutritive imprègne imparfaitement le gel, la stérilisation par la chaleur est impossible, le gel coagulant. Récemment, J. Pochon et Tchan [5] ont proposé la stérilisation du gel par les rayons ultraviolets, d'ailleurs impossible pour les milieux en tubes à essai ou en boîtes de Roux; en outre, cette méthode nécessite un appareillage qui n'est pas à la portée des laboratoires pauvres.

Étant donné l'intérêt de ces milieux, nous avons cherché une solution plus commode. Celle que nous proposons peut être adoptée par tout expérimentateur ne disposant que d'un matériel réduit. Nous pensons même que cette technique est d'une exécution plus rapide que celle des milieux à la gélose. Ainsi, il est possible d'éliminer complètement la gélose pour laquelle les laboratoires ont des difficultés d'approvisionnement en France.

A une solution d'acide chlorhydrique 2 N(50^{cm^3} dans un Erlenmeyer de 250^{cm^3}) on ajoute une goutte de chlorophénol et l'on verse à la burette une

(2) *Comptes rendus*, **98**, 1884, p. 1434.

(3) *Zentralblatt für Biologie*, **27** (9), 1890, p. 171.

(4) *Ann. Inst. Pasteur*, 5, 1891, p. 577 et 921.

(5) J. Pochon et Y. Tchan, *Précis de microbiologie du sol* (*Monogr. de l'Inst. Pasteur*, Paris, 1948).

dilution de silicate de soude dans un milieu nutritif. Cette dilution est privée préalablement d'air par ébullition ou mieux par la trompe à vide (240^g de la solution de silicate du commerce d 1,32 à 1,34 à laquelle on ajoute 500^{cm^3} de la solution nutritive). L'adjonction de cette dilution dans l'acide chlorhydrique se fait jusqu'à teinte faible rose de l'indicateur, correspondant à un pH de 5,5. Au moment de la formation du gel, ce pH prend des valeurs comprises entre 6,5 et 7,3 suivant la nature du milieu nutritif servant de diluant. La solution ainsi obtenue est versée rapidement dans le récipient de culture : boîtes de Roux, boîtes de Pétri, tubes à essais, etc. Le gel se forme en quelques minutes. Pour cette raison il est nécessaire de n'opérer que sur de petites quantités, de façon à trouver le temps de répartir le milieu dans les récipients avant la gélification. Les récipients sont ensuite stérilisés à l'autoclave durant 10 minutes à 120°. Les tubes doivent contenir une couche mince du milieu et être stérilisés couchés dans l'autoclave. Les boîtes de Pétri doivent être munies, dans le couvercle, d'une rondelle de papier-filtre pour l'absorption de l'eau de condensation. Elles seront placées dans l'autoclave couvercle en haut. Si besoin est, après stérilisation, les récipients sont séchés à l'étuve à 40°.

Nous avons utilisé avec un succès complet des substances nutritives diverses convenant à la culture des Eubactériales autotrophes, semi-autotrophes, hétérotrophes saprophytes et pathogènes, des Actinomycétales, des Champignons saprophytes et pathogènes et des Algues.

Ces milieux sont parfaitement transparents. Le chlorure de sodium dont l'élimination constitue l'une des difficultés de la méthode de Winogradsky, ne gêne absolument pas les cultures. Il semble que les molécules de ce sel soient fixées d'une façon très ferme à la silice.

L'emploi de ces milieux est de nature à faciliter l'étude des oligo-éléments minéraux et organiques nécessaires au développement des microorganismes.

MICROBIOLOGIE. — *De l'examen des réactions vaso-motrices sur le méso-appendice du Rat.* Note (*) de M. **Albert Delaunay**, Mme **Jacqueline Lebrun** et M. **Élie Foucquier**, présentée par M. Gaston Ramon.

Les manifestations vaso-motrices qui intéressent métartérioles et capillaires jouent certainement un rôle considérable en Pathologie. Elles influent, pour une part importante, sur le métabolisme des tissus. Parfois, elles l'augmentent; parfois elles le perturbent assez pour suspendre toute vie cellulaire.

L'examen direct de ces manifestations revêt donc un grand intérêt. Malheureusement, en pratique, si cet examen est assez simple chez la Grenouille, il

(*) Séance du 11 juillet 1949.

s'avère plein de difficultés chez les animaux à sang chaud; or, c'est pourtant ici que l'identification des réactions vaso-motrices aurait le plus d'intérêt. Chez les Mammifères, l'épaisseur de l'épithélium cutané, la dessiccation rapide des membranes séreuses exposées à l'air compliquent excessivement les conditions d'étude et risquent ainsi de troubler les résultats enregistrés. Certes, la technique déjà classique des chambres humides (Clark) a apporté en ce domaine un perfectionnement très remarquable, mais elle est délicate et la préparation des animaux est longue. Aussi, depuis plusieurs années, avons-nous essayé de mettre au point, dans notre laboratoire, des méthodes plus simples. A l'heure actuelle, nous nous servons en pratique :

a. pour l'étude de la circulation cutanée, de l'oreille préparée du Lapin par la technique de P. Boquet (1);

b. pour l'étude de la circulation centrale, de la technique du méso-appendice, établie par R. Chambers et B. W. Zweifach (2).

Nous voudrions, dans cette Note, indiquer comment celle-ci se pratique (car elle paraît à peu près inconnue en France) et quels sont, d'après notre expérience personnelle, ses avantages et ses limites.

Des rats blancs de 40g sont anesthésiés par un barbiturique (injection sous-cutanée de 0,01 de nesdonal). Lorsque l'anesthésie est complète, la peau abdominale de l'animal est rasée et, par une ouverture faite sur le flanc droit, on retire le cæcum (qui est énorme, donc facile à trouver). Entre le cæcum et l'extrémité de l'iléon est tendue une mince membrane, très vascularisée : le méso-appendice. Le Rat est alors placé sur un support de liège et son méso étalé sur un orifice de 1cm de diamètre découpé dans ce support. La préparation est finalement portée sur la platine d'un microscope, de telle façon que les rayons lumineux traversent le méso-appendice avant d'atteindre l'objectif.

La circulation sanguine, dans l'intimité de ce méso, est toujours remarquable. On distingue avec netteté les différentes branches de l'arbre vasculaire : artérioles, gros capillaires de jonction, capillaires, veinules et veines, et l'orientation du courant. Sur le plan anatomique, nous sommes donc en mesure de confirmer, point par point, les assertions des auteurs américains. La circulation sanguine est rapide et régulière. On peut la surveiller pendant plusieurs heures, si l'on prend soin d'entretenir l'humidité de la membrane en la recouvrant de sérum gélatiné et si l'on évite le refroidissement de l'animal.

Vient-on à déposer sur ce méso une goutte d'adrénaline (quelques dizaines de gammas), aussitôt, les segments musculaires des vaisseaux se contractent. Le phénomène ne fait jamais défaut. Il est au contraire beaucoup plus difficile, sinon impossible, de déterminer une vasodilatation locale. Nous avons régulièrement échoué en essayant d'irriter la membrane soit par dépôt local d'histamine ou de toluène ou d'acétylcholine, soit en élevant sa température au moyen d'un faisceau lumineux étroitement localisé. Ce manque de réactivité

(1) *Ann. Inst. Pasteur*, 73, 1947, p. 912.

(2) *Amer. j. of Anatomy*, 75, 1944, p. 173.

limite selon nous dans une assez large mesure l'emploi du méso-appendice pour l'examen des substances présumées vaso-dilatatrices.

En revanche, la méthode de Chambers et Zweifach semble convenir parfaitement pour étudier les réactions vaso-motrices générales qui surviennent chez l'animal choqué ou intoxiqué. C'est ainsi que nous avons pu retrouver, en toute netteté, chez le Rat soumis à l'action de l'endotoxine typhique, ces vagues de vasoconstriction métartériolaire que nous avions déjà décrites chez le Cobaye et la Souris ([3]). Le long de la partie terminale de l'iléon se trouvent quelques gros ganglions. Au cours de l'intoxication, ceux-ci deviennent le siège d'importantes lésions lymphocytaires (pycnose). Il nous paraît impossible de ne pas établir un rapport entre ces lésions cellulaires et les troubles vasomoteurs qui les ont précédées. Avec cette nouvelle observation, nous apportons, croyons-nous, une preuve supplémentaire en faveur de la nature ischémique des altérations lymphocytaires au cours de l'intoxication typhique ([4]). Mais nous reviendrons encore sur ce point dans des communications prochaines.

Ajoutons qu'après l'examen direct, le méso-appendice peut être prélevé, fixé et coloré. On déterminera ainsi l'importance de la diapédèse des globules blancs difficile à distinguer, sur l'animal vivant, compte tenu du trop faible grossissement optique qui est alors généralement employé.

La séance est levée à 15h30m.

R. C.

([3]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 314.

([4]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 139.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 4 juillet 1949.)

Note présentée le même jour, de M. *Émile Haas*, Excitation par la lumière d'un très petit territoire rétinien isolé, sans sommation, fatigue, ni brouillage. Mesure des chronaxies rétiniennes pour l'excitant lumineux :

Page 74, 33e ligne, *au lieu de* à l'observateur, *lire* au sujet.

» 74, 35e » *au lieu de* proportionnée, *lire* proportionnel.

» 75, 13e » *au lieu de* par feu rouge, *lire* par un feu rouge.

» 75, 17e » *au lieu de* par l'excitant électrique pour les nerfs moteurs rapides, *lire* pour les nerfs moteurs rapides excités électriquement.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er AOÛT 1949.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

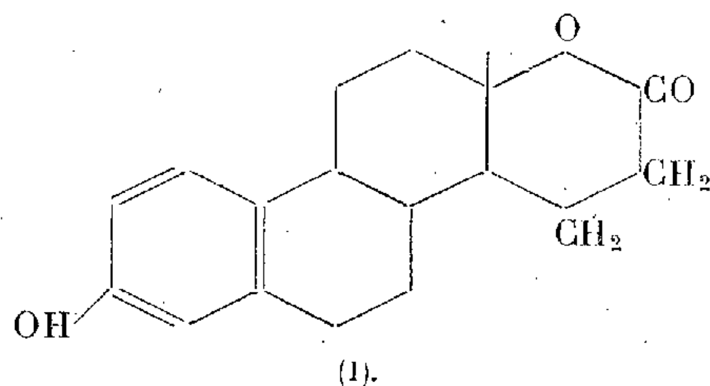
MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

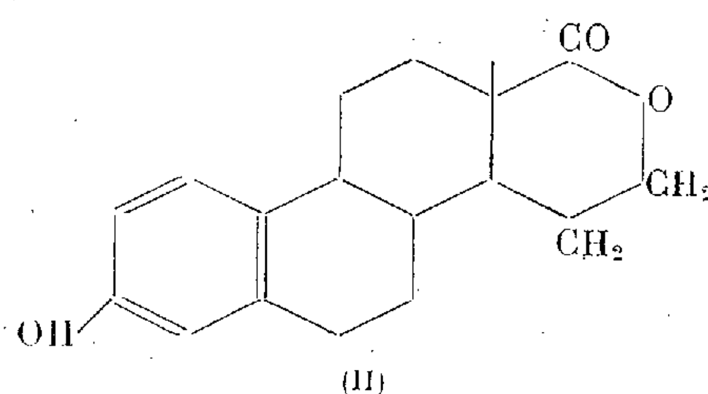
M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Synge**, Secrétaire de la *Royal Irish Academy*, Professeur de physique théorique au *Dublin Institute of advanced Studies*, qui assiste à la séance.

BIOCHIMIE. — *Sur la structure des lactones produites par oxydation de l'œstrone.* Note de MM. **Jean Jacques**, **Alain Horeau** et **Robert Courrier**.

Westerfeld a montré en 1942 (¹) que l'œstrone, traitée par l'eau oxygénée en milieu *alcalin*, fournit une lactone faiblement œstrogène, à laquelle il assigne la formule (I), après avoir discuté et rejeté la possibilité de la formule (II).



(I).



(II)

G. S. Van Smith et O. W. Smith (²) ont constaté que le pouvoir œstrogène de cette lactone augmente fortement lorsqu'on la traite par l'acide chlorhydrique en présence de poudre de zinc. Le même traitement appliqué aux urines humaines élève de la même façon leur activité œstrogène. Il serait alors possible que la lactone de Westerfeld, ou des corps voisins, fussent présents dans les urines comme termes ultimes du métabolisme normal de l'œstrone; on sait d'ailleurs que des processus d'oxydation, analogues à ceux que provoque l'eau oxygénée, peuvent se produire dans le foie.

(¹) *J. Biol. Chem.*, 143, 1942, p. 177.

(²) *Physiol. Reviews*, 28, 1948, p. 1.

Pour O. W. Smith [3], la lactone de Westerfeld exercerait sur l'hypophyse du Rat un effet spécifique, différent de l'action suscitée par une substance œstrogène : il s'agirait d'une stimulation de l'excrétion des facteurs corticotrope et gonadotrope (L. H.). L'importance éventuelle d'un tel problème en thérapeutique mérite qu'on l'examine.

Reprenant les expériences de Westerfeld, mais opérant en milieu *acide*, Jacobsen [4] a isolé avec un bon rendement une lactone dont il n'a pu affirmer l'identité avec le composé de Westerfeld, malgré certaines analogies chimiques; il note brièvement que les deux lactones auraient des propriétés physiologiques différentes. Sans adopter aussi nettement que Westerfeld la formule (I), Jacobsen la considère toutefois comme la plus probable pour le corps qu'il obtient.

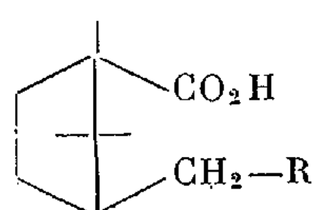
En vue d'élucider la constitution de ces lactones, si intéressantes sous l'angle physiologique, nous avons repris la question et apportons ici nos premiers résultats.

1° L'oxydation de l'œstrone, selon Jacobsen, est aisément reproductible; elle nous a conduits à une lactone fondant instantanément au bloc d'or à 349° (Jacobsen, F 335°), et donnant des dérivés pour lesquels nous retrouvons les indications de cet auteur : acétate F 150° (Jacobsen : 149-150°,5), éther méthylique F 171° (Jacobsen : 172,5-174°).

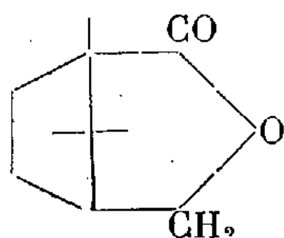
2° L'oxydation de l'œstrone, selon Westerfeld, fournit un produit complexe, mais à partir duquel nous avons isolé, par recristallisation dans le méthoxy-éthanol, la lactone F 347°, identique au corps précédent (épreuve du mélange). Le faible rendement en corps pur peut faire supposer que la lactone de Westerfeld brute contient d'autres produits, responsables des différences physiologiques déjà notées.

3° La formule (II), que ni Westerfeld, ni Jacobsen ne considèrent comme la plus probable, ne doit pas être écartée sans examen sérieux. En effet :

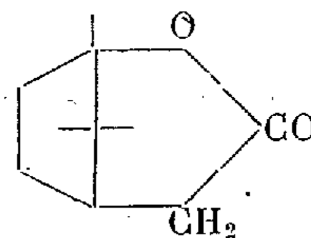
a. Le camphre, dont l'analogie avec l'œstrone a été bien mise en évidence par Miescher [5] en ce qui concerne l'hydrolyse alcaline des deux produits [camphre → acide campholique (III), œstrone → acide doisynolique IV)], fournit par oxydation au moyen des peracides l'α-campholide (V) [6] et non le campholide (VI) encore inconnu.



(III) : R = H
(VII) : R = Br



(V).



(VI).

---

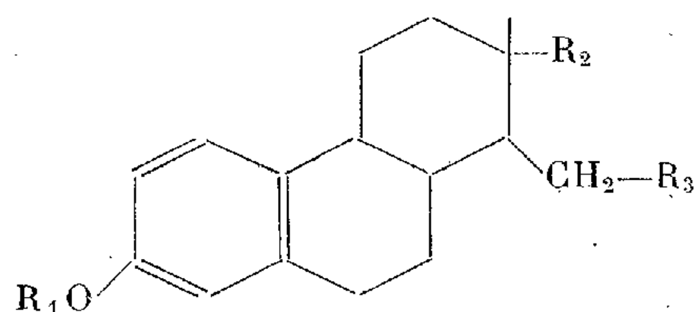
(3) *Endocrinology*, 35, 1944, p. 146; *Proc. Soc. exper. Biol. and Med.*, 59, 1945, p. 242.

(4) *J. Biol. Chem.*, 171, 1947, p. 61.

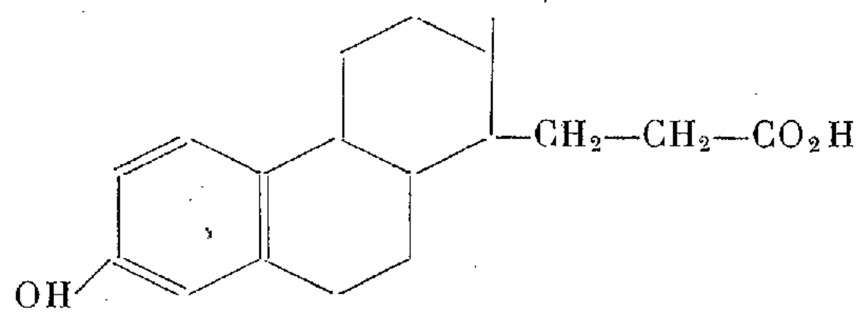
(5) *Helv. Chim. Acta*, 27, 1944, p. 1731.

(6) Bayer et Villiger, *Ber. d. chem. Ges.*, 32, 1899, p. 3630.

b. Le traitement de la lactone de Westerfeld par HCl et Zn provoque une exaltation du pouvoir œstrogène. Ce fait s'accorderait mieux avec une transformation de la lactone (II) en acides de type doisynolique [de même que l'α-campholide traitée par HBr, puis par Zn, donne l'acide bromo-campholique (VII), puis l'acide campholique (III)] qu'avec l'apparition d'acides du type (VIII), parmi lesquels il n'a pas été décrit de composés œstrogènes.



(IV) : $R_1 = H$; $R_2 = CO_2H$; $R_3 = CH_3$;
(IX) : $R_1 = CH_3$; $R_2 = R_3 = CO_2H$;
(X) : $R_1 = CH_3$; $R_2 = R_3 = CH_2OH$



(VIII).

c. L'hydroxyle tertiaire présent dans l'hydroxy-acide correspondant à (I) devrait conduire facilement par perte d'eau à un acide éthylénique. Il semble d'ailleurs qu'Haberland (7) ait obtenu par synthèse un corps du type (I) qui présente effectivement une grande tendance à la déshydratation, et dont l'acide éthylénique correspondant ne peut redonner une lactone que dans des conditions sévères.

Tous ces faits nous ont amenés à envisager une structure (II) pour la lactone de Jacobsen et pour la fraction pure extraite du produit de Westerfeld.

Pour vérifier notre hypothèse, nous avons hydrogéné, par l'hydrure mixte de lithium et d'aluminium, l'acide méthoxy-marrianolique d'une part (IX), et l'éther méthylique de la lactone de Jacobsen d'autre part. Dans ces conditions, on pouvait s'attendre à obtenir deux glycols identiques de formule (X).

Le glycol obtenu à partir de l'acide méthoxy-marrianolique fond à 142-143° ; celui qui est préparé à partir de l'éther méthylique de la lactone de Jacobsen fond à 128-129° ; il s'agit sans conteste de deux corps différents (abaissement du point de fusion du mélange).

Nos résultats laissent ainsi la discussion ouverte. Ils peuvent être considérés comme un argument nouveau en faveur de la structure I. Mais, si l'on envisage les possibilités d'isomérie qui existent à la jonction des noyaux C et D, ces mêmes résultats autorisent à supposer que les glycols obtenus sont stéréoisomères. Il faudrait alors admettre que l'oxydation de l'œstrone par l'eau oxygénée ne respecte pas la configuration spatiale de la molécule initiale, contrairement à ce que l'on observe au cours de la scission oxydante qui donne naissance à l'acide marrianolique.

---

(7) *Ber. d. chem. Ges.*, 72, 1939, p. 1215 ; 76, 1943, p. 621. Voir également W. S. JOHNSON, STROMBERG et PETERSEN, *J. am. chem. Soc.*, 71, 1949, p. 1384.

Nous avons commencé l'étude biologique des produits obtenus (lactone de Jacobsen pure et lactone de Westerfeld incomplètement purifiée) en les administrant tout d'abord à la lapine adulte isolée. Lorsque l'hypophyse de celle-ci est excitée, par l'accouplement dans les conditions normales, elle libère aussitôt des gonadotrophines qui déclenchent l'ovulation. Il s'agit donc d'une épreuve très précise. Les lactones, introduites par voie sanguine en très forte quantité (40^{mg}), n'ont pas provoqué la ponte chez nos animaux.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez le* Dorycnium rectum *Ser.* Note de M. **René Souèges.**

Pour l'étude embryogénique des Lotées, le *Dorycnium rectum* s'est montré un bien meilleur exemple que le *Lotus corniculatus* L. déjà examiné en 1929 [1]; il a permis d'arriver à des résultats beaucoup plus concluants. Son étude tire intérêt du fait qu'il s'agit de déterminer les vrais rapports qu'offrent entre elles les Trifoliées et les Lotées que certains systématiciens ne considèrent pas comme deux tribus distinctes. Il faut reconnaître que, pour les séparer, on ne fait appel qu'à des données de pure morphologie externe, de valeur bien discutable, peu différentes de celles que l'on invoque dans les flores pour établir les clés dichotomiques. On distingue par exemple les Lotées des Trifoliées : 1° par leurs stipules foliacées plus ou moins semblables aux folioles; 2° par leurs folioles entières non dentées; 3° par le port, les Lotées étant parfois des arbustes; 4° par l'inflorescence en ombelles ou en capitules. L'embryogénie en nous permettant d'établir les lois de l'organisation foncière primordiale des blastomères nous aidera certainement à résoudre ce problème des véritables relations taxinomiques des diverses tribus des Papilionacées.

Au proembryon bicellulaire (*fig.* 1), par divisions obliques de la cellule apicale et de la cellule basale, succède une tétrade globuleuse de la catégorie B_1 (*fig.* 2). Les deux cellules-filles de la cellule apicale sont inégales, la plus grande, *a*, qui occupe le sommet, se divise avant sa sœur, *b*, par une cloison anticline à direction horizontale, séparant, vers le haut, une cellule épiphysaire, *e* (*fig.* 3); puis *b* se segmente, à son tour, par une paroi également oblique, à direction verticale toutefois, normale aux deux précédentes. Les quatre éléments engendrés au terme de ces divisions offrent une disposition nettement tétraédrique; ils représentent les quadrants (*fig.* 4). Pendant ce temps, la cellule basale a elle-même engendré quatre éléments, par segmentations également obliques anticlines, de sorte que, à la troisième génération cellulaire, le proembryon se montre généralement composé de 8 blastomères. Les 4 blastomères inférieurs, originaires de *cb*, engendrent un suspenseur massif, quelque peu variable dans sa forme et ses dimensions, et ne contribuent nullement à la construction de l'embryon proprement dit.

Les figures 6 à 9 permettent d'assister aux premiers cloisonnements de la cellule épiphysaire. La direction anticline oblique des parois est parfois difficile à déterminer, et,

(1) R. Souèges, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 76, 1929, p. 527.

aux stades qui suivent l'établissement des premières cloisons, il est rare que l'on puisse avec certitude distinguer les éléments tirant origine de la cellule épiphysaire de ceux qui sont produits par les 3 quadrants sous-épiphysaires. Ceux-ci procèdent assez irrégulièrement dans leurs segmentations; on peut cependant, dans chaque cas particulier, se rendre compte aisément du mode selon lequel les premières cloisons (*fig.* 5 à 10) se succèdent dans leur intérieur.

Par exemple, en 6 et 7, les deux quadrants superposés originaires de *a* se sont déjà segmentés, tandis que les deux quadrants juxtaposés issus de *b* sont encore indivis; en 10, les 4 quadrants ont produit 8 blastomères homologues des 8 octants que l'on rencontre généralement à la quatrième génération cellulaire. On peut voir encore comment les cloisonnements conduisent, dans la suite, à la séparation des deux assises *pc* et *p'* (*fig.* 11 et 12),

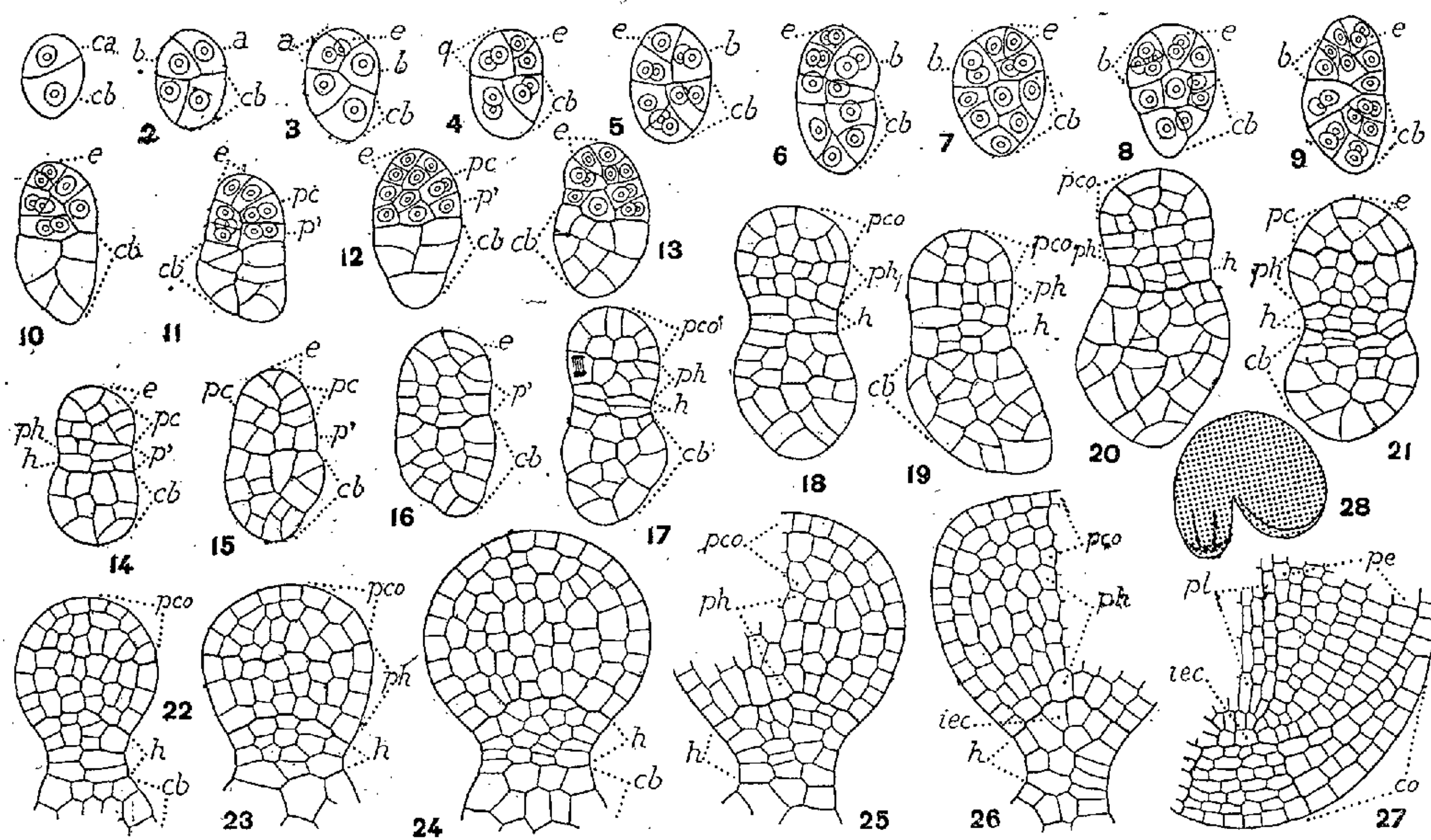


Fig. 1 à 28. — *Dorycnium rectum* Ser. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cb*, cellule basale ou suspenseur; *a* et *b*, cellules-filles de *ca*; *e*, épiphyse; *pc*, partie cotylée *sensu stricto*; *p'*, assise engendrant la partie hypocotylée, *ph*, et l'hypophyse *h*; *pco*, partie cotylée *sensu lato*; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *co*, coiffe. En 28, aspect général de l'embryon d'où est tiré le détail de la figure 27. — G. = 260; 140 pour la figure 27.

l'une, au-dessous de l'épiphyse, donnant la partie cotylée *sensu stricto*, l'autre au voisinage du suspenseur, engendrant, par segmentations tranversales, les 2 couches *ph* et *h* (*fig.* 14) génératrices de la partie hypocotylée et de l'hypophyse (*fig.* 17 à 21).

En 17, 18, 19, on distingue mal l'épiphyse de la partie cotylée proprement dite, mais on peut assister aisément aux premières divisions des éléments constituant les deux assises *ph* et *h*. Aux stades suivants, si la limite de démarcation entre les deux régions *ph* et *h* reste généralement apparente, il s'établit, dans beaucoup de cas, une certaine confusion à la partie inférieure de *h*, au voisinage du suspenseur, certaines cellules de ce dernier se segmentant transversalement et produisant ainsi des éléments aplatis qui offrent tous les caractères des éléments issus de *h*. Guignard ([2]) a toutefois noté que chez les *Lotus* et

([2]) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 6e série, 12, 1881, p. 120.

Dorycnium (*D. hirsutum* Ser.), *la distinction est absolument nette entre le suspenseur et l'embryon*. Il est certain, en tous cas, que, chez le *D. rectum*, les éléments du suspenseur ne concourent nullement à la construction de l'extrémité radiculaire; ils restent localisés à la limite inférieure de la région rétrécie, qui, à ce moment, sépare le suspenseur de l'embryon proprement dit (*fig.* 20 à 23).

Il est intéressant de faire remarquer que, dans les exemples les plus favorables, on peut constater une certaine régularité dans la marche de la segmentation au niveau de l'hypophyse (*fig.* 17 à 21). Dans les coupes longitudinales, deux éléments apparaissent à droite et à gauche de l'axe (*fig.* 17), ils se divisent transversalement, puis s'établissent, dans les deux cellules supérieures ainsi séparées, des cloisons verticales (*fig.* 18 à d.) qui isolent intérieurement des éléments pouvant être considérés comme à l'origine des initiales de l'écorce de la racine, tandis que les autres éléments, produits en *h*, entrent dans la constitution des parties latérales et culminantes de la coiffe. Des cloisons longitudinales précéderaient, dans certains cas (*fig.* 19, 20), les premières cloisons transversales, et la séparation des éléments, d'où tireraient origine les initiales de l'écorce, n'aurait lieu qu'après formation de parois transversales dans les cellules intérieures voisines de l'axe. En général, le tissu hypophysaire auquel aboutissent ces segmentations se distingue assez nettement à l'extrémité radiculaire dans laquelle il semble pénétrer, aux stades voisins de la maturité de l'embryon, à la manière d'un coin relativement rétréci (*fig.* 27); il ne se constitue pas d'assise génératrice transverse commune aux trois histogènes; périblème et plérome se montrent nettement séparés avec leurs initiales propres; une assise calyptrogène préside au développement ultérieur et à la régénération de la coiffe. Chez le *Lotus corniculatus*, j'avais déjà remarqué une organisation comparable des tissus au sommet radiculaire.

Il est évident que ce mode de construction et de différenciation des tissus au sommet de la racine fait apparaître des conditions qui s'écartent nettement de celles que l'on observe généralement chez les Papilionacées. Les lois fondamentales du développement ne sont toutefois nullement modifiées; elles se trouvent au contraire mieux précisées puisque les fonctions de l'étage *h* sont plus exactement définies. Ces lois sont essentiellement les mêmes que celles qui ont été établies au sujet du *Trifolium minus*, chez les Trifoliées, du *Genista tinctoria*, de l'*Ulex europæus*, et du *Sarothamnus scoparius*, chez les Génistées, du *Thermopsis fabacea*, chez les Podalyriées [3]. Elles ne peuvent par conséquent nullement être invoquées pour séparer les Lotées des Trifoliées.

EMBRYOGÉNIE. — *La conception génétique de l'ontogenèse.* Note de M. Paul Wintrebert.

L'étude des phénomènes de développement que j'ai observés et contrôlés par l'expérience, chez un Amphibien anoure, *Discoglossus pictus* Otth., puis

(3) R. Souèges, *Comptes rendus*, **184**, p. 1018 et p. 1196; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **76**, 1929, p. 338; *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 79; **225**, 1947, p. 341 et p. 776; **226**, 1948, p. 761. Voir aussi : *Embryogénie et Classification*, 3e fascicule, *Partie spéciale*, Paris, 1948, p. 56.

rassemblés sous le nom d'« épigenèse physiologique » ([1]), révèle le temps, le lieu, la marche, la signification des fonctions ovulaires, établit leur discontinuité et montre leur enchaînement dans un ordre rigoureux. Cette documentation prépare l'intervention des biochimistes; elle leur est indispensable; à son défaut, la recherche causale des facteurs d'organisation, opérée au hasard ou, à contre-temps, sous l'empire d'idées préconçues, risque de n'atteindre que les mécanismes généraux de l'activité cellulaire. La réalité des faits épigénétiques permet, en outre, une appréciation nouvelle des rapports mutuels du protoplasme et des gènes et conduit à considérer l'ontogenèse comme un raccourci chimique de l'évolution.

I. *L'oocyte, glande endocrine unicellulaire.* — La *matroclinie* des premières manifestations de l'œuf est indéniable, mais le problème de son déterminisme n'est pas résolu. Chez *Lymnæa* ([2]) l'enroulement dextre ou senestre de la coquille, chez *Bombix mori* la couleur et la forme des œufs ([3]) sont l'œuvre de gènes oocytaires. Cependant la plupart des embryologistes attribuent la matroclinie à des modifications initiales du protoplasme.

Les localisations germinales, converties autrefois en une mosaïque de territoires organo-formateurs, représentées aujourd'hui par un lot de *précurseurs* et de *plasmes* ([4]), sont, pour leurs partisans, des spécialisations cytoplasmiques régionales, dotées de vertus prédéterminées. Cette prédestination ne résiste pas à l'analyse des faits. Comment la fécondation pourrait-elle s'effectuer entre protoplasmes ovulaire et spermien différents? La régulation, d'autre part, ne cesse d'infliger à la spéculation préformiste le démenti le plus flagrant et le rejet sur l'œuf, accusé de double jeu, de la contradiction qui la condamne, ne trompe personne.

Certes, les différences régionales existent et, sous l'égide des gènes maternels, elles sont réalisées par le protoplasme; mais elles ne dépendent aucunement de son changement; elles tiennent essentiellement au paraplasma qu'il élabore dans l'oocyte. Les enclaves vitellines, les unes alimentaires, les autres inductrices, sont des *grains de sécrétion*, formés à l'aide de matériaux venus des cellules folliculeuses. Mises en réserve, elles subissent une longue période d'attente et une série de déplacements dont les péripéties ont été précédemment exposées ([1]); elles sont ensuite utilisées par le protoplasme du zygote, identique à celui de l'oocyte, à la sécrétion des inductions mitogénétiques et organisatrices qui bâtissent l'embryon. Cette fonction glandulaire primitive, animée par les gènes de l'oocyte et à échéance lointaine, blastulaire et gastrulaire, ne

([1]) P. Wintrebert, *Titres et Travaux*, 2, 1935, Paris.

([2]) A. E. Boycott, C. Diver, S. L. Garstang et F. M. Turner, *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, 219, 1930, p. 51-131.

([3]) Y. Tanaka, *Genetics*, 9, 1924, p. 479.

([4]) A. Dalcq, *Arch. Inst. intern. Sci. théoriques*, A, 6, 1949, p. 24.

comporte, pendant toute sa durée, aucune variation structurale du patrimoine ovulaire. La nature somatique ou germinale([5]) d'un blastomère, ses attributions ses manifestations, sa destinée, dérivent exclusivement du paraplasma d'origine maternelle qu'il détient et non d'une différence initiale de son cytoplasme. Les gènes oocytaires construisent l'embryon *à retardement*.

II. *L'enchaînement des inductions génétiques.* — Les gènes ont en commun des attributs généraux et chacun d'eux accomplit un rôle spécial. Tous participent simultanément aux fonctions qui assurent la vie et tous possèdent le pouvoir d'assimilation qui mène à la croissance et à la division; mais leurs inductions respectives, lors du fonctionnement cellulaire, ne se combinent ni entre elles, ni au protoplasme, sauf au moment précis de leur intervention. Cet isolement, cette préservation, cette action à temps, sont le signe physiologique le plus marquant de leur individualité.

Chaque gène a une fonction spéciale à remplir. A ce point de vue, les gènes peuvent être distingués en gènes constructeurs ou de développement et en gènes utilitaires ou physiologiques, suivant que leur induction se combine au protoplasme de manière définitive ou s'associe à lui de façon provisoire. Les premiers sont les incitateurs des changements, les architectes de la forme, les facteurs de métamorphose; leurs inductions se succèdent en série linéaire, à fonds perdu, de manière irréversible. Ils bâtissent des étages structuraux superposés, d'envergure plus ou moins grande, des relais évolutifs plus ou moins durables, sièges eux-mêmes de constructions secondaires d'exploitation, dans le cadre desquels les gènes utilitaires manœuvrent physiologiquement les appareils de la forme édifiée. Ceux-ci, contrairement aux premiers, fonctionnent de manière cyclique, en chaîne renouvelable; leur action enzymatique, souvent modelante, est passagère.

Tous les gènes, quels qu'ils soient, accomplissent, dans leur fonction spéciale, un double rôle; ils interviennent à la fois par la qualité de leur induction et par son à propos, c'est-à-dire par le moment et le lieu où elle s'exerce. Ce double comportement correspond à leur dualité structurale ([6]) : l'acide désoxyribonucléique déterminant la qualité de leur induction, la macromolécule nucléoprotéique étant responsable du moment et du lieu où ils agissent. Grâce à celle-ci, en effet, *chaque gène est et reste de son temps;* au milieu des gènes passés et futurs, il garde son entité; il n'opère qu'à point nommé, quand sa molécule nucléoprotéique se trouve en présence du protoplasme incitateur de sa naissance et peut s'associer à lui. En réalité, le gène, autocatalyseur et duplicateur de sa propre substance, globalement agréé par l'ensemble de l'organisme, lui reste fonctionnellement étranger jusqu'à

([5]) P. WINTREBERT, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 13.

([6]) O. T. AVERY, C. M. MC LEOD et M. MC CARLY, *Journ. Exp. Med.*, 79, 1944, p. 137-158; A. BOIVIN, *C. R. Soc. Biol.* 142, 1948, p. 1272.

l'heure de son intervention. Le comportement des gènes létaux et des virus-protéines le prouve.

On doit même considérer ces derniers comme des gènes d'origine externe, ainsi que je le suggérai en 1937 (7), en prenant comme exemple celui de la mosaïque du tabac.

Les gènes ne sont pas, comme l'affirme H. J. Muller (8), « la base essentielle de la vie ». Sans le protoplasme, ils ne peuvent ni vivre, ni assimiler; ils ne sont rien. Le protoplasme, support originel de la vie, garantit la continuité du vivant à travers les discontinuités génétiques additives qui changent la forme, le mode et la qualité de ses fonctions. Il est le promoteur des inventions adaptatives qui mènent aux mutations (9); mais dans l'ontogenèse, à l'abri des pressions ambiantes, il subit passivement les inductions successives des gènes qu'il a fait naître; il en devient l'exécutant docile et fidèle. Au jeu des réactions alternatives et réciproques que Morgan (10) admet entre le protoplasme et les gènes, il convient de substituer la direction exclusive du génome, s'exprimant par un mécanisme très simple : le gène précédent induisant une variation du protoplasme qui provoque à son tour l'appel et l'intervention du gène suivant. Dans le développement, le génome actif est à la fois le dispensateur des discontinuités mutationnelles et le lien qui les unit; il rend au protoplasme les acquisitions phylétiques que, sous le contrôle de la loi physique fondamentale, il en a reçues (9).

La loi de récapitulation de J. Muller et d'Hœckel, contestable du point de vue morphologique, s'impose, au contraire, sur le plan chimique, comme une obligation essentielle, du fait que les variations se commandent l'une l'autre, de manière inflexible, à travers les méandres capricieux de l'évolution.

III. *Le premier patrimoine ontogénétique est celui de l'embranchement.* — La loi de récapitulation remonte trop loin vers les origines; le rappel phylétique ne dépasse pas l'embranchement. La preuve en est fournie par les Vertébrés. Chez tous ceux-ci, la glande oocytaire du patrimoine primitif détermine, par la diffusion de son induction organisatrice, des organes de même nature, sis en même position, c'est-à-dire *homologues*. Cette homologie, réalisée au point de départ de l'organisation, signifie non seulement que tous les Vertébrés ont une origine commune, mais encore que la matière vivante, constitutive de leur embranchement, subit une mutation qui atteint, à sa base, la structure du vivant, efface le passé et simule, par sa nouveauté, une création totale.

---

(7) *Congrès des Sociétés savantes* (*Section de Zoologie*), 70, 1937, p. 287-291.

(8) *Cold Spring Harbor Symposia*, 9, 1941, New-York, p. 290.

(9) P. Wintrebert, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1079.

(10) *Embryologie et génétique* (traduction française), 1936, p. 22, Paris.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Sur le pouvoir rotatoire magnétique du fluor.* Note (*) de MM. **René de Mallemann** et **François Suhner.**

La petite réfractivité atomique du fluor (1,45) et le nombre relativement grand de ses électrons de valence ($p = 7$) font prévoir que la *rotativité* de cet élément doit être particulièrement faible ([1]). Le calcul conduirait à la valeur $[\Omega]_F = 0,54.10^{-5}$ (rad.), très inférieure à celle de l'hydrogène, et même à celle (mesurée) du néon.

Cette prévision avait été confirmée par la mesure du pouvoir rotatoire d'une solution concentrée d'acide fluorhydrique ([2]), bien que la rotativité déduite, dans ces conditions, doive être attribuée à *l'ion* $\overline{F}$ (on sait que les rotativités des ions $\overline{Cl}$, $\overline{Br}$, $\overline{I}$, sont environ trois fois plus grandes que celles des atomes neutres correspondants, plus exactement, de leurs liaisons *covalentes*).

Pour ne laisser subsister aucun doute à cet égard, il était nécessaire de mesurer directement la rotativité d'une combinaison organique fluorée, (l'observation du fluor libre exigerait des dispositions spéciales pour éviter l'attaque de l'appareil de mesure).

La substance qui conviendrait le mieux serait naturellement CF_4, mais l'emploi du *fréon* CF_2Cl_2, gazeux dans les conditions normales, et que l'industrie américaine livre actuellement sous forme liquide dans des cylindres métalliques, est plus simple; nous avons pu étudier ce corps en premier lieu.

Expériences et résultats :

$$p = 1510^{\text{mm}}, \qquad t = 20^\circ,5.$$

Différence de potentiel mag. : $Hl = 636600$ c. g. s.

Rotation double ($\lambda = 578^{m\mu}$) $= 1^\circ,28 = 77'$.

Dispersions : 1,12 (546), 1,78 (436).

$$\text{Constante de Verdet : } \Lambda_0^{760} = \frac{38,5}{636600}\,\frac{760}{1510}\,\frac{293,5}{273} = 32,7.10^{-6}\,(\text{min.})$$

$$= 9,51.10^{-9}\,(\text{rad.}).$$

$$\text{Rotativité : } [\Omega]_M = 9,51.10^{-9} \times 22,4.10^3 = 21,3.10^{-5}\,(\text{rad.}).$$

Avec les valeurs connues des rotativités de C et de Cl (covalent), on aurait

$$C + Cl^2 = (2,2 + 18).10^{-5} = 20,2.10^{-5}$$

et, par suite

$$F = 0,55.10^{-5}\,(\text{rad.}).$$

(*) Séance du 25 juillet 1949.

([1]) *Bull. Soc. Fr. Phys.*, 1933, n° **337**, p. 50 S.; 1939, n° **428**, p. 28 S.; *Ann. de Phys.*, 11e série, **17**, 1942, p. 429.

([2]) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 494; **208**, 1939, p. 436.

Il n'y a pas lieu d'attacher beaucoup de signification à la coïncidence de la valeur mesurée pour l'atome F avec la valeur calculée théoriquement à partir de la réfractivité (le nombre *mesuré* étant la différence de deux nombres relativement très voisins); au surplus, la valeur de $[\Omega]_M$ doit être un peu plus faible que le nombre indiqué, celui-ci se rapportant à la densité *théorique* (nous avons pris $M/d = 22,4$); la rotativité de F se rapprocherait encore davantage de zéro. On peut seulement conclure que l'*ordre de grandeur* est conforme aux prévisions.

En résumé, le fluor a une rotativité atomique *positive*, comme les autres halogènes, mais incomparablement plus faible; l'expérience conduit à une valeur comprise entre o et 5.10^{-6} (rad.), qui sont bien les limites fixées dans le tableau publié.

M. **Corneille Heymans** fait hommage à l'Académie d'une série de fascicules relatifs à ses travaux de physiologie et de pharmacologie.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Jean Cabannes** et **André Danjon** sont désignés pour représenter l'Académie dans la **Commission de la Haute Atmosphère**, organisée par le Comité d'action scientifique de Défense Nationale.

CORRESPONDANCE.

M. **Bertil Lindblad**, élu Correspondant pour la section d'Astronomie, adresse ses remercîments.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Maurice Terrillon. *L'Asepsie. Étude documentaire et bibliographique sur l'asepsie chirurgicale* (présenté par M. Leriche).

2° Maurice Denis-Papin et A. Kaufmann. *Memento des Unités Giorgi (M. K. S. A.)*.

3° *Journal of the Zoological Society of India*. Volume I, n° 1, January 1949.

4° Institut de Mécanique appliquée aux Constructions de l'École polytechnique de Gdansk. *Archives de mécanique appliquée*. Tome I.

ALGÈBRE. — *Le fondement axiomatique du théorème Jordan-Hölder relatif aux séries principales.* Note (*) de M. **Michaël Benado**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous revenons sur notre Note antérieure [1], dont nous conservons, sauf avis contraire, les définitions et les notations, avec des résultats plus complets. Dans la présente Note, nous établissons principalement (*théorèmes* 1 *et* 3 de 3°) que *les théorèmes d'intercalation et de décomposition pour les chaînes et les séries principales se rattachent à la normalité* α.

Nous avons à examiner les points suivants :

1° *Les variétés normales* [2] *et la loi d'isomorphisme.* — Soit $\mathfrak{S}$ une structure *arbitraire*; nous désignons par M_α resp. par M_{β^i} $(i=1, 2)$ resp. par $M_{\alpha+\beta^i}$ $(i=1, 2)$ la *variété* α-*normale* resp. β^i-*normale* resp. semi-normale de $\mathfrak{S}$.

Soit $x\supset y$ un intervalle de $\mathfrak{S}$. Le quotient x/y est dit *normal* (α-, β^i-) au sens *descendant*, lorsque y est *normal* (α-, β^i-, $(\alpha+\beta^i)$-) *dans* [3] x; par contre, x/y est dit normal au sens *ascendant* lorsque x est normal par-dessus y, cela veut dire que *x est normal dans la structure dont y est le premier élément.*

A part les lemmes 1, 3, c'est toujours de la normalité *descendante* qu'il s'agira dans cette Note.

Lemme 1. — *Pour tout couple* α, $\alpha'\in M_\alpha$, *on a :* A) $\alpha\cup\alpha'/\alpha\doteq\alpha'/\alpha\cap\alpha'$; B) $\alpha\cup\alpha'$ *est α-normal par dessus α et $\alpha\cap\alpha'$ l'est dans α'.*

Lemme 2. — *Si l'on a* $\alpha\in M_\alpha$ *et* $\sigma\in M_{\alpha+\beta^1}$, *on a aussi* $\alpha\cup\sigma\to M_\alpha$.

Par dualité, on aura une proposition corrélative pour M_α et M_{β^2}.

Lemme 3. — *Pour tout couple* β^1, β^2 *avec* $\beta^1\in M_{\beta^1}$ *et* $\beta^2\in M_{\beta^2}$, *on a :* A) $\beta^1\cup\beta^2/\beta^1\doteq\beta^2/\beta^1\cap\beta^2$; B) $\beta^1\cup\beta^2$ *est β^2-normal par dessus* β^1; $\beta^1\cap\beta^2$ *est β^1-normal dans* β^2.

2° *La normalité* β.

Dans tout ce qui suit, il sera question seulement de la normalité β de première espèce.

Lemme 4. — *Si l'on a* $\beta\in M_{\beta^1}$ *et si l'élément* $\overline{\beta}\supset\beta$ *est β-normal par dessus* β, *alors, on a aussi* $\overline{\beta}\to M_{\beta^1}$.

Lemme 5. — *Lorsque* $x\cup y/x$ *est β-normal et qu'on ait* $x\cup y/x\doteq y/x\cap y$, *alors,* $y/x\cap y$ *est, lui aussi, β-normal.*

Lemme 6. — *Si l'on a* $\beta\in M_{\beta^1}$ *et si le quotient* x/y $(x\supset y)$ *est β-normal et tel qu'on ait* $\beta\cup x/\beta\doteq x/\beta\cap x$, *alors* $\beta\cup x/\beta\cup y$ *est, lui aussi, β-normal.*

(*) Séance du 27 juin 1949.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 529-531.

(2) D. Barbilian, *Disq. math. et phys.*, 5, fasc. 1-4, 1946, p. 3-63.

(3) O. Ore, *Transact. of the Amer. math. Soc.*, 41, 1937, p. 226-275.

3° *Théorèmes de décomposition.* — Soient :

(1) $$a_0 \supset a_1 \supset \ldots \supset a_{i-1} \supset a_i \supset \ldots \supset a_r$$
(2) $$b_0 \supset b_1 \supset \ldots \supset b_{j-1} \supset b_j \supset \ldots \supset b_s$$

deux chaînes aux extrémités communes : $a_0 = b_0$, $a_r = b_s$.

Nous introduisons relativement à ces chaînes les notions suivantes :

a. Nous dirons que (1) et (2) *sont des chaînes* $\alpha\alpha$, lorsqu'à *tout* couple a_i, b_j on peut associer un $\Omega_{ij} \rightarrow \mathrm{S}$ avec $\Omega_{ij} \supset a_i \cup b_j$ et *tel que* Ω_{ij}/a_i et Ω_{ij}/b_j *soient tous les deux* α-normaux.

b. De même, nous dirons que (1) et (2) *sont des chaînes* $x(\alpha+\beta)$, lorsqu'à *tout* couple a_i, b_j on peut associer $\Omega_{ij} \rightarrow \mathrm{S}$ avec $\Omega_{ij} \supset a_i \cup b_j$ et tel que Ω_{ij}/b_j *soit seminormal* (quel que soit $j = 1, 2, \ldots, s-1$).

Il importe de remarquer que, dans ces définitions (qui, du reste, peuvent être remplacées par d'autres, plus faibles, mais logiquement équivalentes), *il n'y est fait aucune supposition quant à la normalité, au sens descendant* (Ore) *des chaînes* (1) *et* (2).

c. Deux chaînes $\alpha\alpha$, telles que (1) et (2). seront dites *séries* $\alpha\alpha$ lorsqu'elles sont *véritables* (4) et lorsqu'il n'existe aucun $a^\star$ avec $a_{i-1} > a^\star > a_i$ $(i = 1, 2, \ldots, r)$ *ni aucun* $b^\star$ avec $b_{j-1} > b^\star > b_j$ $(j = 1, 2, \ldots s)$, tels que l'on puisse déterminer un $\Omega^\star \supset a^\star \cup b^\star$ avec $\Omega^\star/a^\star$, $\Omega^\star/b^\star$, *à la fois* α*-normaux*; ou encore, ce qui revient au même, s'il existe $a^\star$, $b^\star$ avec $a_{i-1} \supset a^\star \supset a_i$, $b_{j-1} \supset b^\star \supset b_j$ et s'il existe un $\Omega^\star$ avec $\Omega^\star \supset a^\star \cup b^\star$ et avec $\Omega^\star/a^\star$ et $\Omega^\star/b^\star$ α*-normaux*, alors, *on a nécessairement* $a^\star = a_{i-1}$ (ou bien $a^\star = a_i$) et $b^\star = b_{j-1}$ (ou bien $b^\star = b_j$).

Définition analogue pour les séries $x(\alpha+\beta)$.

Posons enfin (intercalaires de Zassenhaus);

(3) $$\begin{cases} a_{ij} = (a_i \cup a_{i-1} \cap b_j) & (i = 1, 2, \ldots, r;\ j = 0, 1, 2, \ldots, s), \\ b_{ji} = (b_j \cup b_{j-1} \cap a_i) & (i = 0, 1, 2, \ldots, r, j = 1, 2, \ldots, s). \end{cases}$$

Cela posé, nous démontrons les propositions suivantes :

THÉORÈME 1. — *Deux chaînes* $\alpha\alpha$ *véritables, telles que* (1) *et* (2), *se transforment par les* (3) *en deux chaînes de même longueur* (*véritable*) *aux liaisons* $\alpha\alpha$ *conjuguées et telles que* $a_{i,j-1}/a_{ij}$, $b_{j,i-1}/b_{ji}$ *soient aux structures isomorphes.*

La locution « *aux liaisons* $\alpha\alpha$ *conjuguées* » doit être entendue en ce sens que pour *tout* couple $a_{i,j-1}$, $b_{j,i-1}$ *il y a toujours un* $\Omega^\star_{ij} \supset a_{i,j-1} \cup b_{j,i-1}$ *tel que* $\Omega^\star_{ij}/a_{i,j-1}$, $\Omega^\star_{ij}/b_{j,i-1}$ *soient, tous les deux,* α*-normaux.*

THÉORÈME 2. — *Deux chaînes véritables, l'une,* (1), α*-normale* (*au sens* de Ore), *l'autre* (2), $x(\alpha+\beta)$ *par rapport à* (1), *se transforment par les* (3), *en deux chaînes* (1'), (2') *de même longueur* (*véritable*) *telles que les quotients conjugués soient reliés par une connexion monotone semi-parfaite* (*de première espèce*) *et*

---

(4) Cela veut dire que $a_{i-1} > a_i$ et $b_{j-1} > b_j$ $(i = 1, 2, \ldots, r; j = 1, 2, \ldots, s)$.

telles que (1′) *soit α-normale et que* (2′) *soit aux liaisons* $x(\alpha+\beta)$ *conjuguées* [*par rapport à* (1′)].

On peut faire, relativement à cet énoncé, une remarque analogue à celle de ci-dessus.

Des deux théorèmes d'intercalation 1 et 2, on déduit immédiatement les théorèmes de décomposition suivants :

Théorème 3. — *Deux séries αα, aux extrémités communes, ont la même longueur et les intervalles isomorphes* (*dans un certain ordre*).

Théorème 4. — *Lorsqu'une série α-normale* (*au sens de Ore*) *et une série* $x(\alpha+\beta)$ *par rapport à la première, ont mêmes extrémités, alors, elles ont même longueur et les intervalles reliés* (*dans un certain ordre*) *par des connexions monotones semi-parfaites de première espèce.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur les faisceaux de complexes linéaires et sur les suites et cycles de complexes linéaires conjugués.* Note (*) de M. **André Charrueau**, transmise par M. Henri Villat.

Cette Note fait suite à des Notes récentes [1].

Soient Φ un faisceau de complexes linéaires; $C_1+\lambda C_2=0$ l'équation de Φ en coordonnées plückériennes; λ_1 et λ_2 les valeurs du coefficient λ qui correspondent aux deux complexes spéciaux λ_1 et λ_2 de Φ; Δ_1 et Δ_2 les axes de ces complexes spéciaux; B la congruence linéaire base de Φ; $\mathcal{C}_{\mu_1}, \mathcal{C}_{\mu_2}, \ldots, \mathcal{C}_{\mu_j}, \ldots$ les transformations par polaires réciproques relatives respectivement aux complexes non spéciaux $\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_j, \ldots$ de Φ correspondant à des valeurs $\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_j, \ldots$ de λ; $T_j=\mathcal{C}_{\mu_1}\mathcal{C}_{\mu_2}\ldots\mathcal{C}_{\mu_j}$ le produit des transformations $\mathcal{C}_{\mu_1}, \mathcal{C}_{\mu_2}, \ldots, \mathcal{C}_{\mu_j}$ utilisées dans cet ordre.

T_j est une transformation homographique ou dualistique, selon que j est pair ou impair. Elle transforme chaque droite de la congruence B en cette droite.

I. Supposons d'abord $\lambda_1\neq\lambda_2$. Δ_1 et Δ_2 sont alors distincts. Posons, d'une manière générale [2], $\alpha_j=(\mu_j-\lambda_1)/(\mu_j-\lambda_2)$.

Soit D_j la transformée par T_j d'une droite quelconque D_0 ne rencontrant ni Δ_1, ni Δ_2. Du paragraphe I, 1°, de notre Note du 31 janvier 1949 [3], on déduit que D_0 et D_2 sont conjuguées par rapport au complexe k_2 de Φ tel que

$$\frac{k_2-\lambda_1}{k_2-\lambda_2}=\frac{\alpha_0\,\alpha_2}{\alpha_1}, \tag{1}$$

α_0 correspondant au complexe de Φ qui contient D_0.

(*) Séance du 18 juillet 1949.

(1) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 712; **228**, 1949, p. 359, 803 et 894.

(2) $-\alpha_j$ serait la valeur correspondant au complexe μ_j de Φ du coefficient de l'équation de Φ si l'on prenait les deux complexes spéciaux λ_1 et λ_2 de Φ comme complexes de base.

(3) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 359.

D_0 et D_3 sont conjuguées par rapport au complexe k_3 de Φ tel que

$$(2) \qquad \frac{k_3-\lambda_1}{k_3-\lambda_2}=\frac{\alpha_1\alpha_3}{\alpha_2}.$$

Cette dernière formule est *indépendante* de D_0. Elle est valable même si D_0 rencontre Δ_1 ou Δ_2 ou ces deux droites.

Si $\mathcal{T}_{k_3}$ est la transformation par polaires réciproques relative au complexe k_3 de Φ, on a $T_3=\mathcal{T}_{k_3}$.

Considérons T_n pour *n impair* quelconque >1.

Soit k_n la quantité définie par

$$(3) \qquad \frac{k_n-\lambda_1}{k_n-\lambda_2}=\frac{\alpha_1\alpha_3\ldots\alpha_n}{\alpha_2\alpha_4\ldots\alpha_{n-1}}.$$

La transformation $T_n=\mathcal{T}_{\mu_1}\mathcal{T}_{\mu_2}\ldots\mathcal{T}_{\mu_n}$, ici *dualistique, est égale à la transformation par polaires réciproques*, $\mathcal{T}_{k_n}$, relative au *complexe* k_n de Φ correspondant à la valeur k_n de λ définie par (3).

Supposons maintenant *n pair*. T_n est alors une transformation *homographique*. Elle ne dépend que ([1]) de $a_n=(\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_{n-1})/(\alpha_2\alpha_4\ldots\alpha_n)$.

Dans T_n, chaque point de Δ_1 et de Δ_2 se transforme en lui-même et chaque plan passant par Δ_1 ou Δ_2 se transforme en lui-même. Chacune des droites Δ_1 et Δ_2 est un *axe* (ponctuel et tangentiel) de T_n. Dans tout plan passant par Δ_1 (ou par Δ_2), il y a un *axe d'homologie* qui est Δ_1 (ou Δ_2) et un *centre d'homologie* placé sur Δ_2 (ou Δ_1). Soient A un point quelconque non situé sur Δ_1 ni sur Δ_2 ; *d* la droite de B passant par A ; A_1 et A_2 les points où *d* coupe Δ_1 et Δ_2. L'homologue A′ de A dans T_n est situé sur *d*. Quand A se déplace sur *d* fixe, A et A′ forment sur *d* deux *divisions homographiques* dont A_1 et A_2 sont les *points doubles* et qui sont telles que $(A_1, A_2, A, A')=a_n$.

2° Supposons que les complexes $\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_n$ soient les 1er, 2e, ..., $n^{\text{ième}}$ complexes d'une *suite* de complexes linéaires conjugués appartenant à Φ. On a, pour *n impair* >1, $k_n=\mu_{(n+1)/2}$.

Si les complexes $\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_n$ sont les 1er, 2e, ..., $n^{\text{ième}}$ complexes d'un *cycle* Γ d'un nombre *pair n* de complexes linéaires conjugués appartenant à Φ, on a $a_n=-1$. A et A′ sont alors *conjugués harmoniques* par rapport à A_1 et A_2. Posons $T_n=H_\Gamma$. Soit $\mathcal{E}$ l'ensemble des *cycles* de Φ dont le nombre des complexes est *pair*. $\mathcal{E}$ comprend notamment tous les couples de complexes de Φ en *involution*. *La transformation homographique* H_Γ *est la même pour tous les cycles de* $\mathcal{E}$. Elle est *involutive*.

II. Quand $\lambda_1=\lambda_2$, il faut apporter à la théorie précédente diverses modifi-

---

([1]) Si l'on prenait les complexes spéciaux de Φ comme complexes de base, on pourrait mettre les équations, en coordonnées ponctuelles homogènes de la transformation homographique T_n, sous une forme telle que leurs coefficients soient des expressions linéaires de a_n.

cations. En particulier, en ce qui concerne, dans le paragraphe I, 1°, le cas de *n impair* > 1, on a $T_n = \mathcal{E}_{k_n}$, k_n satisfaisant à

$$\frac{1}{k_n - \lambda_1} = (\beta_1 + \beta_3 + \ldots + \beta_n) - (\beta_2 + \beta_4 + \ldots + \beta_{n-1}), \tag{4}$$

formule dans laquelle $\beta_j = 1/(\mu_j - \lambda_1)$ (avec $j = 1, 2, 3, \ldots, n$) et qui remplace (3).

THÉORIE DES GROUPES. — *La géométrisation des espaces symplétiques.* Note (*) de M. **Georges Vranceanu**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous dirons qu'un espace X_n à n variables $x^1, \ldots, x^n$ est un espace symplétique, si nous avons dans cet espace un tenseur covariant b_{ij} du second ordre, gauche symétrique $b_{ij} + b_{ji} = 0$. Dans un tel espace nous pourrons considérer la forme bilinéaire invariante $\Omega = b_{ij}\, dx^i \delta x^j$ qu'on peut toujours réduire à la forme canonique

$$\Omega = [ds^1 ds^2] + \ldots + [ds^{2p-1} ds^{2p}], \tag{1}$$

où $ds^1, \ldots, ds^{2p}$ sont $2p$ formes de Pfaff, $2p$ étant le rang de la forme Ω. Les formes ds^h sont déterminées, abstraction faite d'une transformation du groupe symplétique

$$d\bar{s}^h = c^h_k\, ds^k, \qquad c^{2q-1}_k c^{2q}_l - c^{2q-1}_l c^{2q}_k = \varepsilon_{kl} \qquad (q = 1, \ldots, p), \tag{2}$$

où c^h_k sont des fonctions des variables $x^1, \ldots, x^n$ et ε_{kl} sont égaux à 1 si $k = 2s - 1$, $l = 2s$, $(s \leqq p)$, à -1 si $k = 2s$, $l = 2s - 1$ et à zéro dans d'autres cas.

La forme Ω admet une dérivée extérieure Ω' qu'on peut écrire

$$\Omega' = A_{hkl}[ds^h ds^k ds^l], \tag{3}$$

qui est identiquement nulle seulement si Ω est un covariant bilinéaire.

Si $\Omega' \not\equiv 0$, il se pose un problème algébrique (qui n'est pas d'ailleurs résolu, en général), la réduction de Ω' à une forme canonique à l'aide du groupe symplétique (2). Quant aux invariants de l'espace, ils peuvent être cherchés par la méthode de M. É. Cartan, en considérant les paramètres du sous-groupe du groupe (2), qui conserve la forme canonique de Ω', comme des nouvelles variables.

Il est aussi possible, en général, de réduire le groupe (2) à un groupe séparable, quand on peut appliquer mon théorème ([1]) qui dit que si le groupe est séparable (conserve deux ou plusieurs systèmes de Pfaff sans équations communes), l'espace possède une connexion affine (partielle ou complète) et nous

---

(*) Séance du 20 juin 1949.

([1]) G. Vranceanu, *Leçons de géométrie différentielle*, vol. I, Bucarest, 1947, p. 147.

avons un procédé régulier pour former les invariants de l'espace, sans utiliser des variables nouvelles. Nous dirons en ce cas que l'espace a été géométrisé.

Nous allons observer en premier lieu, que les quantités $A_l = A_{2q-1,2q}$, sont pour $n = 2p$ les composantes d'un vecteur covariant (²) par rapport au groupe (2), donc la forme $\varpi = A_l ds^l$ est une forme invariante. Si l'on pose

$$(4) \qquad \Omega' = \frac{1}{p-1}[\varpi\Omega] + B,$$

la forme trilinéaire $B = B_{hkl}[ds^h ds^k ds^l]$ a son vecteur covariant B_2 nul. La forme B est identiquement nulle, si la forme Ω est complètement intégrable et inversement (³).

Si la forme ϖ n'est pas identiquement nulle, ce qui est le cas général, on peut prendre ϖ comme forme ds^1, tout en conservant la forme canonique (1) et alors les formes

$$\varphi = B_{2\beta\gamma}[ds^\beta ds^\gamma], \qquad \varpi' = -\varpi^1_{kl}[ds^k ds^l]$$

sont des formes quadratiques invariantes. Si les coefficients $B_{2\beta\gamma}$ (β, $\gamma \geqq 3$) ne sont pas tous nuls, nous pouvons avoir

$$\varphi = B_{21\gamma}[ds^1 ds^\gamma] + \lambda_2[ds^3 ds^4] + \ldots + \lambda_q[ds^{2q-1} ds^{2q}] \qquad (q \leqq p),$$

et l'on peut se servir de c^k_1 ($k = 3, \ldots, 2q$) de façon à annuler B_{21k}, et le groupe qui conserve cette situation est un groupe séparable, qui transforme séparement $ds^3, \ldots, ds^{2q}$ et $ds^1, ds^2, ds^{2q+1}, \ldots, ds^{2p}$, donc l'espace symplétique correspondant est géométrisable.

Si $A_{2\beta\gamma} = 0$ (β, $\gamma \geqq 3$), les formes linéaires $B_{21\gamma} ds^\gamma$, $\varpi^1_{2\gamma} ds^\gamma$ (mod ds^1) sont des formes invariantes. Si une de ces formes n'est pas nulle, on peut prendre cette forme comme forme ds^3 et alors $(ds^3)'$ est un invariant, et si $\varpi^3_{24} \neq 0$, on peut supposer $\varpi^3_{2k} = \varpi^3_{4k} = 0$ ($k \neq 2, 4$) et le groupe (2) qui conserve cette situation est un groupe séparable, car il conserve les quatre formes de Pfaff ds^1, ds^2, ds^3, ds^4 et transforme entre elles $ds^5, \ldots, ds^{2q}$. Si $n = 2p = 4$, nous avons quatre formes invariantes, donc on peut appliquer le théorème spécial d'équivalence de M. E. Cartan. Quant à la connexion affine, elle est complète et à parallélisme absolu. Un autre cas pour $n = 2p = 4$ où le problème se réduit au même théorème spécial a été considéré par Yen Chin Ta (⁴).

Si l'espace symplétique est à $n = 2p + 1$ variables, nous avons

$$\Omega' = [ds^{2p+1}\Omega_1] + a_{hkl}[ds^h ds^k ds^l].$$

(²) C'est le vecteur de courbure de H. C. Lee, *American Journal of Math.*, 65, 1943, p. 434.

(³) Ce cas a été considéré par M. Ehresman et Mlle Libermann (*Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 420).

(⁴) *Comptes rendus*, **227**, 1948, . 817.

L'équation $\Omega_1 = 0$ est une équation quadratique alternée invariante et l'on peut aussi, en général, géométriser l'espace.

Il en existe évidemment d'autres cas où l'on peut réaliser la géométrisation de l'espace symplétique.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une généralisation de la notion de type d'une fonction entière définie par une série de Dirichlet et ses applications.* Note (*) de M. MAURICE BLAMBERT, présentée par M. Jacques Hadamard.

Cette Note a pour objet l'étude de certaines relations entre les points singuliers d'une fonction définie par un développement de Dirichlet et la notion de type d'une fonction entière associée.

Soit la fonction entière $f(s) = \Sigma a_n e^{-\lambda_n s}$, d'abscisse de convergence simple $\sigma_c^f < \infty$. J. F. Ritt appelle ordre dans le plan, le nombre $\rho = \overline{\lim\limits_{\sigma=-\infty}} \mathrm{L}_2 \mathrm{M}(\sigma)/-\sigma$ où $\mathrm{M}(\sigma) = \overline{\text{borne}}\, |f(\sigma + it)|$, $-\infty \leqq t \leqq \infty$, et donne son expression en fonction de a_n et λ_n dans les hypothèses : $\sigma_A^f = -\infty$, $\underline{\lim\limits_{n=\infty}}(\lambda_n/\mathrm{L}n) > 0$. S. Mandelbrojt et J. Gergen ([1]) appellent ordre dans la bande $|t - t_0| < a$, le nombre $\rho(t_0, a) = \overline{\lim\limits_{\sigma=-\infty}} [\mathrm{L}_2 \mathrm{M}(\sigma, t_0, a)/-\sigma]$ où $\mathrm{M}(\sigma, t_0, a) = \overline{\text{borne}}\, |f(\sigma + it)|$, $|t - t_0| < a$. A ces notions ajoutons les suivantes :

1° j'appelle *type dans le plan* d'une fonction de l'ordre $\rho (< \infty)$ ci-dessus, l'expression $\tau = \overline{\lim\limits_{\sigma=-\infty}} [\mathrm{LM}(\sigma)/e^{-\rho\sigma}]$;

2° j'appelle *type d'une fonction de l'ordre* $\rho(t_0, a)$ *dans la bande* $|t - t_0| < a$, l'expression $\tau(t_0, a) = \overline{\lim\limits_{\sigma=-\infty}} [\mathrm{LM}(\sigma, t_0, a)/e^{-\sigma\rho(t_0, a)}]$.

THÉORÈME I ([2]). — *Dans l'hypothèse* $\lim \mathrm{L}n/\lambda_n = 0$, *le théorème de Lindelof, donnant le type* τ *d'une fonction entière d'ordre* ρ *fini positif définie par un développement taylorien, est généralisable aux fonctions entières définies par les séries de Dirichlet* $f(s) = \sum a_n e^{-\lambda_n s}$ *avec* $\sigma_c^f = -\infty$,

$$\tau = \overline{\lim_{n=\infty}} \frac{\lambda_n}{\rho e} |a_n|^{\frac{\rho}{\lambda_n}}.$$

COROLLAIRE. — *La fonction* $f_\alpha(s) = \sum \frac{a_n e^{-\lambda_n s}}{\Gamma(1 + \alpha\lambda_n)}$ (*dans ce qui suit, on supposera toujours* $\alpha > 0$), *où* $f(s)$ *admet* $-\infty < \sigma_c^f < \infty$, *est dans le plan du type* $\tau_\alpha = e^{\sigma_c^f/\alpha}$ *de l'ordre* $1/\alpha$.

(*) Séance du 11 juillet 1949.

([1]) *Amer. Journ. of Math.*, 53, 1931, p. 1.

([2]) Notre travail était déjà rédigé quand parut la Note de M. YU CHIA YUNG contenant ce théorème.

THÉORÈME II. — *Soit* $\sigma_{\mathcal{C}}^{f} < \infty$. *Si* $f_{\alpha}(s)$ *est dans la bande* $|t - t_0| < a$, *d'ordre* $\rho_{\alpha}(t_0, a) < 1/\alpha$, *alors* $f(s)$ *est holomorphe dans cette bande. Si* $f_{\alpha}(s)$, *dans cette même bande, appartient au type* $\tau_{\alpha}(t_0, a)$ (*minimum ou moyen*) *de l'ordre* $\rho_{\alpha} = 1/\alpha$, *alors la fonction* $f(s)$ *est holomorphe dans la demi-bande*

$$|t - t_0| < a, \qquad \sigma > \alpha \mathrm{L} \tau_{\alpha}(t_0, a).$$

Ce théorème utilise une technique très voisine de celle de M. Riesz relative à la détermination de l'étoile rectiligne d'holomorphie de $f(s)$ et permet d'établir très simplement les théorèmes III à V suivants :

THÉORÈME III. — *Si* $\sigma = \sigma_{\mathcal{H}}^{f}$ (*abscisse d'holomorphie*) *est une coupure pour* $f(s)$, *l'ordre de* $f_{\alpha}(s)$ *est* $1/\alpha$ *et le type ne peut être inférieur à* $e^{\sigma_{\mathcal{H}}^{f}/\alpha}$ *dans toute bande de largeur quelconque.*

Une condition nécessaire pour que $f_{\alpha}(s)$ *soit dans le plan d'ordre inférieur à* $1/\alpha$ *est que* $f(s)$ *soit une fonction entière.*

THÉORÈME IV. — *Si* $\{\lambda_n\}$ *est à densité maximum finie* D (*au sens de G. Pólya*) *et si* $f(s)$ *n'est pas une fonction entière, il est impossible que* $f_{\alpha}(s)$ *admette dans la bande* $|t - t_0| < a$, *un ordre* $\rho_{\alpha}(t_0, a) < 1/\alpha$ *si* $\alpha > \mathrm{D}\pi$.

On retrouve pour la classe des fonctions $f_{\alpha}(s)$, un théorème dû à M. S. Mandelbrojt, auquel on ajoute le complément suivant :

THÉORÈME V. — *Dans les mêmes conditions relatives à la suite* $\{\lambda_n\}$ *et* $f(s)$, *il est impossible que* $f_{\alpha}(s)$ *appartienne dans la bande* $|t - t_0| < a$, *au type* $\tau_{\alpha}(t_0, a) < e^{\sigma_{\mathcal{H}}^{f}/\alpha}$ *de l'ordre* $1/\alpha$ *si* $a > \mathrm{D}\Pi$.

Les théorèmes IV et V utilisent les résultats de G. Pólya relatifs à la répartition des points singuliers sur la droite d'holomorphie.

THÉORÈME VI. — σ_{t_0} *étant le sommet de l'étoile rectiligne de* $f(s)$ *situé sur la droite* $\mathcal{I}s = t_0$; *si* $\sigma_{t_0} > -\infty$, *l'ordre* $\rho_{\alpha}(t_0, a)$ *de* $f_{\alpha}(s)$ *est* $1/\alpha$, *quelle que soit la largeur* $2a$ *de la bande, et le type* $\tau_{\alpha}(t_0, a)$ *satisfait à* $\overline{\text{borne}}_{a=0}\, \tau_{\alpha}(t_0, a) \geq e^{\sigma_{t_0}/\alpha}$.

Je rappelle un théorème de M. S. Mandelbrojt relatif à l'ordre dans une bande :

« *Si* $f(s)$ *satisfait aux conditions*

a. $$\underline{\lim}\, (\lambda_{n+1} - \lambda_n) > 0;$$

b. $$\sigma_{\mathcal{C}}^{f} = -\infty;$$

c. $$0 < \rho < \infty;$$

alors l'ordre $\rho(t_0, a)$ *dans une bande quelconque* $|t - t_0| < a$, *est égal à* ρ *si* $a > \mathrm{D}\pi$ ».

On constate facilement que la classe des fonctions entières du type (dans le plan) moyen d'un ordre (dans le plan) fini positif qui satisfont aux hypothèses du théorème de M. S. Mandelbrojt est « au plus » aussi riche que la classe des fonctions entières d'ordre ρ fini positif dont la suite $\{\lambda_n\}$ est à densité maximum D

finie et à indice de condensation δ_B (au sens de V. Bernstein) fini et telles que $\sigma_{\mathcal{C}}^{f^*} < \infty$, où

$$f^*(s) = \sum a_n \Gamma\left(1 + \frac{\lambda_n}{\rho}\right) e^{-\lambda_n s}.$$

THÉORÈME VII. — *Pour toute fonction entière $f(s)$ possédant les propriétés :*
a. l'ordre dans le plan est ρ fini positif.

b. $$f^*(s) = \sum a_n \Gamma\left(1 + \frac{\lambda_n}{\rho}\right) e^{-\lambda_n s} \quad \text{admet} \quad -\infty < \sigma_{\mathcal{C}}^{f^*} < \infty.$$

c. $$\{\lambda_n\} \quad \text{admet} \quad D < \infty \quad \text{et} \quad \delta_B < \infty,$$

alors dans toute bande $|t - t_0| < a$, où $a > D\pi$
1° *l'ordre $\rho(t_0, a)$ ne peut être inférieur à l'ordre ρ dans le plan*
2° *le type $\tau(t_0, a)$ ne peut être inférieur à $e^{\rho\sigma_{\mathcal{X}}^{f^*}}$.*

Dans une Note ultérieure, nous ferons l'application de ces propriétés au problème de la composition des singularités des séries de Dirichlet générales.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Étude des fonctions surharmoniques positives dans un cylindre ou dans un cône.* Note (*) de Mme **JACQUELINE LELONG-FERRAND**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

L'étude des fonctions surharmoniques positives dans un cylindre ou dans un cône de l'espace R^p à $p \geq 2$ dimensions peut être faite par la méthode que nous avions utilisée pour l'étude des fonctions surharmoniques positives dans un demi-espace ([1]). Les résultats obtenus ainsi complètent une étude antérieure ([2]). Nous énoncerons seulement ceux qui sont relatifs au cône, le cas du cylindre étant légèrement plus simple.

1. PRÉLIMINAIRES. — *a. Représentation intégrale de la fonction.* — Soit $u(M)$ surharmonique positive dans le cône D de sommet O. Elle est la somme d'un potentiel de Green

$$U^\mu(M) = \int_D g(M, P)\, d\mu(P)$$

de masse positive dans D, et d'une fonction harmonique positive H(M). Les travaux de Martin ([3]) nous permettent de décomposer à son tour H(M) en

$$H(M) = kH_\infty(M) + \int_{D^*} K(M, P)\, d\lambda(P),$$

où k est une constante positive; $H_\infty(M)$ la fonction minimale relative au point

(*) Séance du 25 juillet 1949.
([1]) J. LELONG, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1161 et 1333, et *Annales de l'E. N. S.*, 1949 (à paraître).
([2]) J. DENY et P. LELONG, *Comptes rendus*, **224**, p. 1046, et *Bull. Soc. math. France*, 1947, p. 89-112.
([3]) *Trans. Ann. Math. Soc.*, **49**, 1941, p. 137-172.

à l'infini de D; P un élément de la frontière idéale D^* de D (définie par la métrique de Martin); K(M, P) la limite de $g(M, Q)/g(M_0, Q)$ lorsque Q tend vers P, et $\lambda(P)$ une répartition de masse positive sur D^*.

b. Étude de la fonction de Green $g(M, Q)$. — Aux points M et Q de D faisons correspondre les points m et q où les rayons OM et OQ percent la sphère Σ de centre O et de rayon unité. Posons $OM = r$, $OQ = \rho$. Désignons par λ_n les valeurs caractéristiques, rangées par valeurs croissantes, relatives à l'équation $\delta u + \lambda u = 0$ et au domaine $\Sigma_1 = \Sigma \cap D$ (δ est l'opérateur de Beltrami); soient $\varphi_n(m)$ les fonctions fondamentales correspondantes, supposées normées. Selon la méthode de M.-G. Bouligand ([4]) on peut développer $g(M, Q)$ en série (pour $r > \rho$)

$$g(M, Q) = k_p \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\rho^{\alpha_n} r^{\beta_n}}{\sqrt{(p-2)^2 + 4\lambda_n}} \varphi_n(m)\, \varphi_n(q),$$

k_p désignant l'aire totale de Σ, α_n et β_n les racines ($\beta_n < 0 < \alpha_n$) de l'équation

$$t(t + p - 2) - \lambda_n = 0.$$

On peut montrer d'autre part que la fonction $H_\infty(M)$ (définie à un facteur près) est identique à $r^{\alpha_0}\varphi_0(m)$.

c. Définitions. — Nous appellerons distribution fondamentale relative à un ensemble E contenu dans D la distribution λ de $\mathcal{E}_E^e$ ([5]) telle que $U^\lambda(M) = r^{\alpha_0}\varphi_0(m)$ quasi partout sur E. L'énergie de cette distribution sera la puissance extérieure de E. A partir de là nous pouvons définir des notions d'effilement et de semi-effilement, à l'origine et à l'infini, comme pour un demi-espace ([5]).

2. Résultats. — Soit $u(M)$ surharmonique positive dans D. Posons

$$c = \underset{M \in D}{\text{borne inf}} \frac{u(M)}{r^{\alpha_0}\varphi_0(m)}, \qquad \gamma = \lim_{M \to \infty} \inf \frac{u(M)}{r^{\beta_0}\varphi_0(m)}.$$

Théorème 1. — *L'ensemble défini par* $u(M) > (c + \varepsilon) r^{\alpha_0}\varphi_0(m)$ *est effilé à l'infini relativement à* D *quel que soit* $\varepsilon > 0$.

Théorème 2. — *Si* $\gamma < \infty$, *l'ensemble défini par* $u(M) > (\gamma + \varepsilon) r^{\beta_0}\varphi_0(m)$ *est effilé à l'infini quel que soit* $\varepsilon > 0$.

Théorème 3. — *S'il existe une suite* M_n *régulière à l'infini et telle que* $u(M_n)/\varphi_0(M_n)$ [resp. $u(M_n)/r^{p-2}\varphi_0(M_n)$] *tende vers zéro, alors l'ensemble défini par* $u(M_n) > \varepsilon\varphi_0(M_n)$ [resp. $u(M_n) > \varepsilon r^{p-2}\varphi_0(M_n)$] *est semi-effilé à l'infini quel que soit* $\varepsilon > 0$.

Remarques. — *a.* Par une transformation de Kelvin, on obtiendrait des résultats relatifs au sommet du cône.

b. Les résultats obtenus à l'infini restent valables si $u(M)$ est définie seulement dans un sous-domaine de D défini par $OM > R$.

([4]) *Bull. Soc. Math. de France*, 1914, p. 168-242.

([5]) Pour notations, *voir* articles cités Note ([1]) et J. Lelong, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1500.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur l'écoulement laminaire dans un tube courbe.* Note (*) de M. **Raymond Comolet**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans un tube cylindrique lisse, de section circulaire, parfaitement rectiligne, le régime laminaire semble pouvoir se maintenir jusqu'aux nombres de Reynolds les plus élevés. Mais une courbure de ce tube, même très faible, peut provoquer la turbulence (¹). Nous avons essayé de préciser l'influence de cette courbure.

Dans ce but, nous avons utilisé des tubes de verre du commerce, encastrés sur une partie de leur longueur et dont l'extrémité libre pouvait subir un déplacement mesurable dans deux directions rectangulaires x et y (*fig.* 1).

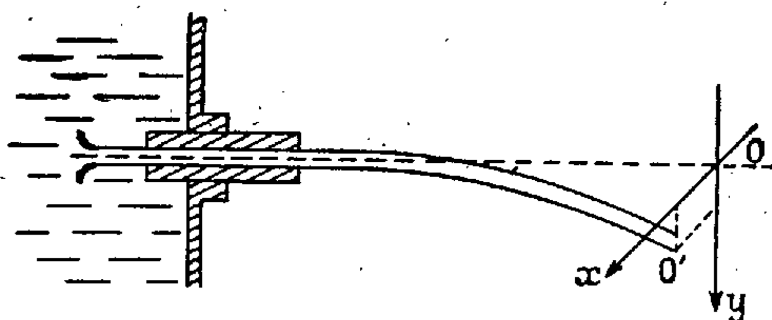


Fig. 1.

Le dispositif expérimental est le même que celui qu'indiquait la précédente Note (¹). Pour un nombre de Reynolds donné $R = (VD/\nu)$, le régime reste laminaire dans le tube à condition que l'extrémité O se déplace à l'intérieur d'une courbe fermée, considérée comme plane en première approximation puisque la courbure d'un tube de verre ne peut être que petite sous peine de le briser. Cette courbe, grossièrement circulaire quand R est petit, se déforme quand R augmente et prend les aspects les plus divers, chaque courbe étant intérieure à la précédente. On passe toutefois d'une manière continue d'une courbe à la suivante (*fig.* 2) (²). Avec les tubes employés il semble difficile d'établir une relation numérique entre la courbure du tube et le nombre de Reynolds critique R_c au-dessus duquel le régime reste toujours turbulent. Ce fait est probablement dû à ce que la forme que prend le tube courbé n'est pas bien définie dans chaque direction. Cela doit provenir, soit de la courbure initiale à peu près inévitable des tubes du commerce, soit de la non-homogénéité des parois du tube, soit du fait que la section n'est pas parfaitement circulaire. On peut dire toutefois que l'influence de la courbure se fait sentir

(*) Séance du 11 juillet 1949.

(¹) R. Comolet, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2049.

(²) Chaque courbe correspond à une pression motrice constante dans le réservoir. En réalité, quand, dans ces conditions, le tube subit une flexion, le débit diminue, donc aussi

d'autant plus que le nombre de Reynolds est plus grand, comme l'indique la courbe de la figure 3. Il faut cependant noter qu'au voisinage du sommet de

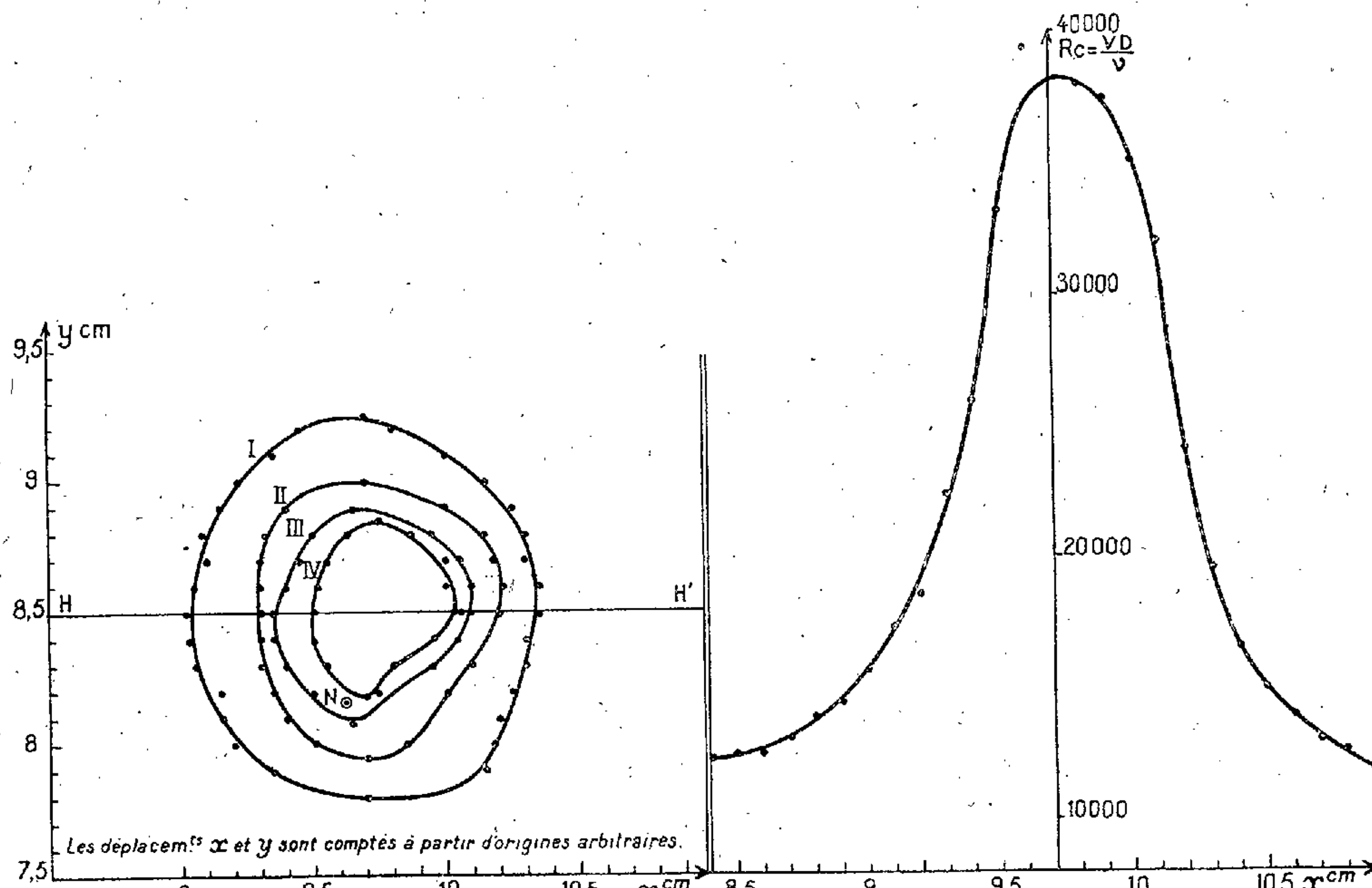
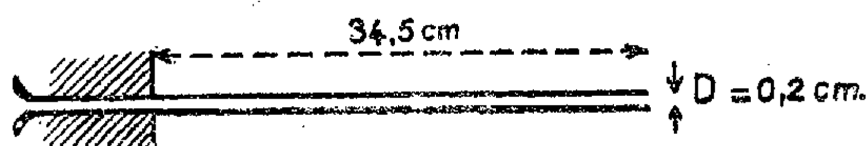


Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 2. — Effet de la courbure sur le nombre de Reynolds critique.

I pression motrice 1050 cm d'eau Rc ∼ 15500
II pression motrice 1660 cm d'eau Rc ∼ 21000
III pression motrice 2550 cm d'eau Rc ∼ 27700
IV pression motrice 3980 cm d'eau Rc ∼ 35000



Le point marqué N correspond à la position de flexion nulle du tube encastré, qui présente une légère courbure naturelle vers le bas. Cette position correspond à un nombre critique Rc = 24000.

Fig. 3. — Le tube a été déplacé dans le plan horizontal H-H' ($h = 8,5$).

cette courbe, d'autres causes de perturbations interviennent pour limiter le nombre de Reynolds critique (forme défectueuse du pavillon par exemple), de sorte que la valeur R*c* déterminée expérimentalement ne concerne plus la courbure mais un autre paramètre.

Ces expériences vérifient bien que, en dehors de toute autre perturbation, c'est la forme géométrique qui intervient pour définir le nombre de Reynolds critique du tube; quand cette forme change, R*c* change.

---

le nombre de Reynolds. Cette variation semble assez petite (1/30 au plus en valeur relative) pour être comptée dans les erreurs d'expériences. En effet, la détermination du passage d'un régime à l'autre est délicate : la position de l'extrémité O du tube correspondant à la transition n'est connue qu'à $0^{mm},5$ près. Les courbes tracées ne peuvent donner qu'une allure générale des phénomènes.

HYDRAULIQUE. — *Étude des coups de bélier dus à des manœuvres simultanées du distributeur, de la vanne de garde et de la vanne de prise.* Note (*) de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Dans des Notes précédentes ([1]) nous avons exposé une méthode de calcul du coup de bélier produit lors des manœuvres simultanées du distributeur d'une turbine et de la vanne de prise placée en tête de la conduite correspondante; nous l'avons appliquée au calcul des surpressions engendrées dans les conduites de l'usine de Génissiat.

Nous allons examiner maintenant le cas où intervient simultanément la manœuvre d'un troisième organe d'obturation, également à déclenchement automatique, la vanne de garde V″ protégeant la turbine.

Le débit maximum est 128 m³/sec.; la pression statique est de $69^m,70$ au distributeur A ainsi qu'aux deux points D, D′, encadrant la vanne de garde V″, et de $49^m,70$ au point C, situé immédiatement en aval de la vanne de prise; la conduite, de 70^m de longueur, est munie d'un reniflard (*fig.* 1), et correspond à une durée d'un aller et retour d'onde $\theta = 0,14$ sec. L'unité de temps choisie est égale à $0,10\,\theta$; dans ces conditions, les durées de fermeture sont respectivement :

$T = 56$ unités (distributeur V),
$T' = 400$ » (vanne de prise V′),
$T'' = 100$ » (vanne de garde V″).

Nous avons envisagé trois manœuvres particulièrement caractéristiques :

A. Les trois organes de fermeture démarrent simultanément (cas n° 1);

B. La vanne de prise restant ouverte, le distributeur et la vanne de garde déclenchent :

a. Au même instant (cas n° 2);

b. Avec un décalage tel que leur fermeture s'achève au même instant (cas n° 3).

La figure n° 2 reproduit la construction graphique correspondant au cas n° 2, et la figure n° 3, les courbes de pression calculées en A, C, D et D′ pour les trois cas envisagés.

L'examen de ces graphiques montre que :

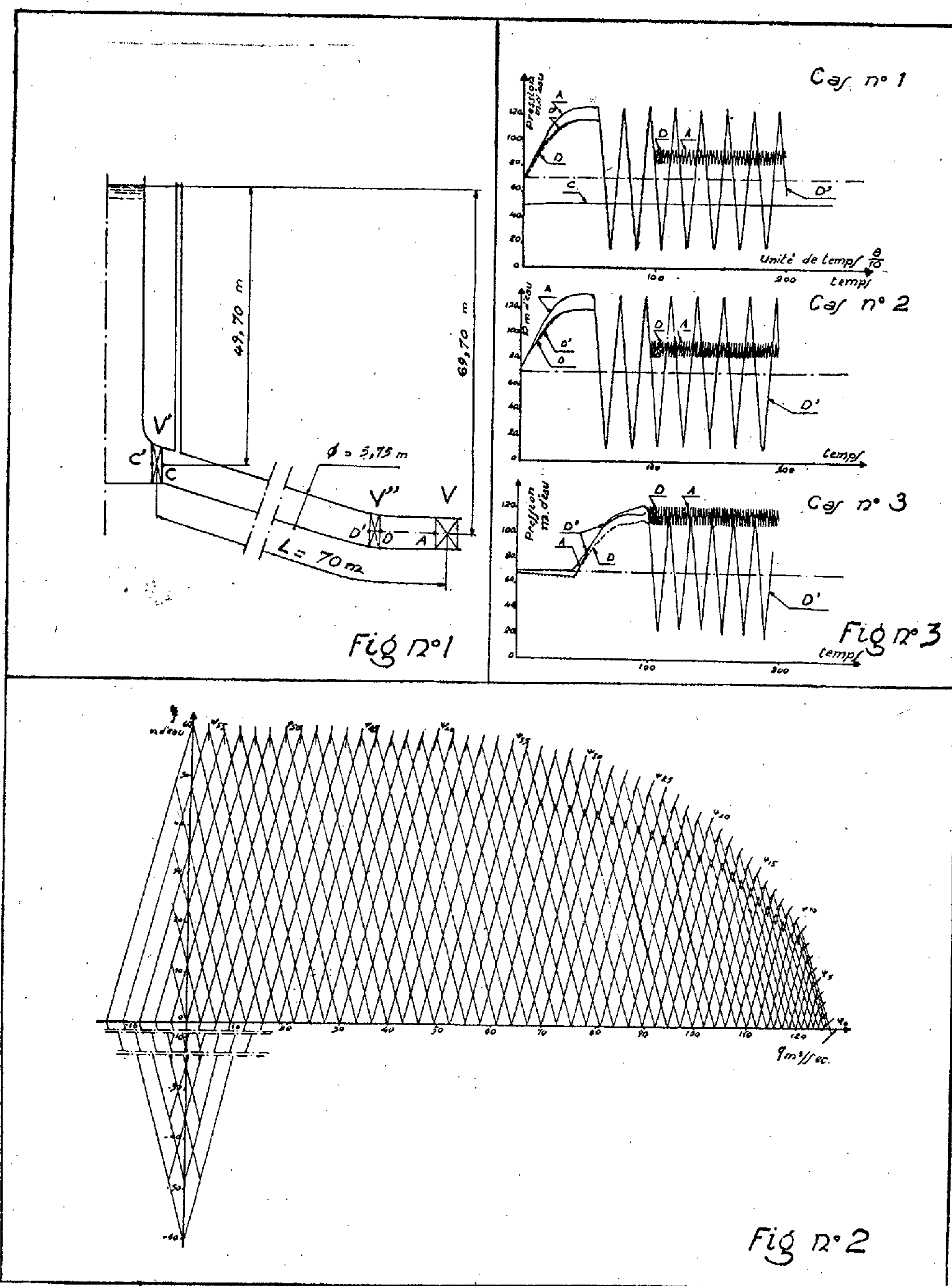
1° Au distributeur, la surpression maxima est provoquée par la simple fermeture du distributeur, les deux autres vannes restant ouvertes;

2° Au droit de la vanne de garde, la surpression locale, légèrement augmentée vis-à-vis de la valeur maxima qu'elle atteindrait dans le cas où le

(*) Séance du 4 juillet 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 653 et 978.

distributeur fermerait seul, demeure nettement inférieure à la surpression maxima réalisée au distributeur, dans cette dernière hypothèse.



On peut donc conclure que l'influence des manœuvres simultanées considérées, rigoureusement nulle au distributeur, demeure assez faible ailleurs, en tous les autres points, pour que l'on puisse pratiquement ne pas en tenir compte dans le calcul de la conduite.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur plusieurs lois de la mécanique du pneumatique et leur application au shimmy des roues d'avion.* Note (*) de M. **Christian Bourcier de Carbon**, présentée par M. Albert Caquot.

Lorsqu'une roue équipée d'un pneumatique est susceptible de tourillonner librement autour d'un pivot vertical situé dans son plan, et qu'on impose à ce pivot un mouvement de translation horizontale tout en obligeant la roue à rouler sur le sol, il arrive qu'elle prenne spontanément un mouvement d'oscillation autoentretenu autour du pivot vertical. Ce phénomène couramment appelé *shimmy* se manifeste souvent sur les avions, soit dans la roue de queue des avions de forme classique, soit dans la roue de tête des trains d'atterrissage dits tricycles. Dans ce dernier cas, il peut être extrêmement violent et par suite très gênant, ayant parfois causé des ruptures du train d'atterrissage.

L'étude de ce problème m'ayant été confiée par l'*Office National d'Études et Recherches aéronautiques* (O. N. É. R. A.), je suis parvenu à une théorie qui semble expliquer dans ses moindres détails les particularités de ce phénomène. Voici les bases de cette théorie :

La cause première du shimmy doit être recherchée uniquement dans les propriétés mécaniques particulières du pneumatique, et non pas, comme on l'a souvent cru, dans des réactions gyroscopiques.

Ces propriétés mécaniques sont les suivantes :

1° *L'élasticité transversale :* au repos, sous l'action d'une force F relativement modérée, appliquée parallèlement à l'axe de la roue, c'est-à-dire perpendiculairement à son plan, la roue se déplace par rapport au sol, par suite de la déformation du pneumatique, d'une quantité $\Delta = \mathrm{TF}$, dite déflexion, proportionnelle et parallèle à la force F;

2° *L'élasticité de torsion :* au repos, sous l'action d'un couple de moment $\mathcal{M}$ relativement modéré et d'axe vertical appliqué à la roue, cette dernière subit une rotation $\alpha = \mathrm{S}.\mathcal{M}$, proportionnelle au moment $\mathcal{M}$;

3° *La dérive :* si l'on fait rouler la roue en lui appliquant la force latérale F, la roue se meut, non plus suivant une parallèle à son plan, mais suivant une droite faisant avec son plan un angle de dérive $\delta = \mathrm{DF}$ proportionnel à la force F;

4° *Le virage :* si l'on fait rouler la roue en lui appliquant le couple $\mathcal{M}$ d'axe vertical, la roue se meut non plus sur une trajectoire rectiligne, mais suivant une trajectoire circulaire de rayon ρ et de courbure $1/\rho = \mathrm{R}\mathcal{M}$ proportionnelle au moment $\mathcal{M}$;

5° *Le couple d'accompagnement de la dérive :* la dérive produite par la force F s'accompagne du couple $\mathcal{C} = \varepsilon\mathrm{F}$ proportionnel à la force F et tendant à orienter le plan de la roue dans le sens de la trajectoire réelle de la roue.

(*) Séance du 27 juin 1949.

Ces cinq propriétés mécaniques sont vérifiées par l'expérience; mais elles peuvent aussi se déduire *a priori* d'un schéma du pneumatique, assimilant ce dernier à une couronne élastique, formée d'une infinité de petits ressorts fixés à la périphérie de la roue et pouvant être considérés soit comme indépendants, soit comme reliés élastiquement les uns aux autres.

Si donc nous désignons par a la longueur de pivotement (distance du centre de la surface de contact du pneumatique sur le sol à l'axe du pivotement), par I l'inertie de la roue autour de son pivot, par v la vitesse de l'avion, par t le temps et par z le déplacement latéral du centre de la roue, la mise en œuvre des données précédentes aboutit, pour le mouvement de la roue, à l'équation différentielle du quatrième ordre

$$\frac{I}{Rav^2}\frac{d^4z}{dt^4}+\frac{I}{Sav}\frac{d^3z}{dt^3}+\left(\frac{I\varepsilon}{Ta}+\frac{1}{SRav^2}+\frac{a}{TRv^2}\right)\frac{d^2z}{dt^2}+\frac{a+\varepsilon}{TSv}\frac{dz}{dt}+\frac{a+\varepsilon}{TSa}z=0.$$

Les courbes de la fréquence et de la divergence en fonction de la vitesse v déduites de cette équation correspondent exactement à celles qui ont été trouvées empiriquement aux États-Unis par A. Kantrowitz et par J. Wylie.

Par ailleurs, plusieurs conséquences de cette équation s'accordent parfaitement avec les résultats obtenus par différents expérimentateurs allemands.

Mais l'intérêt principal de cette équation réside dans le fait que voici : si l'on étudie les conditions de stabilité, c'est-à-dire de convergence de l'oscillation, en utilisant la méthode de Routh, on trouve les deux conditions suivantes :

1° soit

$$aD > T, \quad \text{avec} \quad v > \sqrt{\frac{a}{IR}};$$

2° soit

$$aD < T, \quad \text{avec} \quad v < \sqrt{\frac{a}{IR}}.$$

Étant données les valeurs des coefficients I et R pour les roues pneumatiques usuelles, la vitesse d'inversion de la stabilité, $v=\sqrt{a/IR}$ est très faible (de l'ordre 1 à 2 m/sec). Il en résulte qu'il suffit de réaliser la seule condition $a > T/D$ pour supprimer le shimmy aux vitesses où ce phénomène est gênant et dangereux. Étant données les valeurs usuelles des coefficients T et D, il s'agit là de longueurs de pivotement un peu supérieures aux longueurs usuellement adoptées, mais restant cependant facilement réalisables, surtout s'il s'agit d'avions de faible tonnage.

Pour combattre le shimmy des roues d'avion, il n'est donc pas nécessaire d'avoir recours aux amortisseurs généralement utilisés à cet effet, on peut se contenter d'une augmentation parfaitement admissible des longueurs de pivotement généralement adoptées.

ASTROPHYSIQUE. — *Le spectre de l'étoile Z Andromedæ.* Note (*) de M. **Tcheng Mao-Lin**, présentée par M. Bernard Lyot.

Z Andromedæ appartient, comme Nova T Coronæ Borealis, à ce groupe d'étoiles particulièrement intéressantes, dont le spectre composite montre à la fois les bandes d'absorption de TiO, caractéristique de la classe M, et les raies d'émission des nébuleuses gazeuzes. Le spectre est d'ailleurs extrêmement variable, comme l'ont montré les recherches de Swings et Stuve ([1]) et celles de Merrill ([2]).

Je l'ai photographié avec le spectrographe à un prisme monté sur le télescope de 120cm d'ouverture de l'Observatoire de Haute-Provence, le 27 juin et le 8 août 1946 (sur plaque Guilleminot Superfulgur) et le 7 juillet 1948 (sur plaque panchromatique Kodak 103 *a*C).

L'aspect général du spectre est sensiblement le même sur les trois clichés, au moins dans leur partie commune (3700-5000 Å). Les raies d'émission sont fort nombreuses. Par ordre d'intensités décroissantes, on reconnaît les transitions permises des éléments suivants :

HI (de H_α à H_{10}); HeII (5411, 4685, 4541, 4200 Å); HeI (5876, 5016, 4921, 4471, 4387, 4026, 4009, 3889 Å); NIII (4640, 4096 Å); NII (4630, 3995 Å); CIII (4648, 4067 Å); FeII (5316, 5234, 5169, 4583, 4550, 4520, 4233 Å, etc.); CII (4267 Å). La présence de TiII, OII, SiII et SiIV est aussi probable.

Les principales raies interdites appartiennent à :
[OIII] (5007, 4959, 4363 Å); [NeIII] (3968, 3868 Å); [SII] (4076, 4068 Å); [FeII] (4416, 4414, 4287, 4277, 4244 Å); [FeVII] et [KV].

Swings et Struve ont signalé déjà la présence des raies 3586 et 3759 Å de [Fe VII] dans Z Andromedæ, et Merrill a reconnu en outre la raie 6085 Å, qui figurait déjà sur les clichés de H. H. Plaskett ([3]), mais ne pouvait être idendifiée en 1928. Mes mesures font apparaître un plus grand nombre des raies, avec des intensités relatives comparables à celles que Swings et Struve ont observées dans AX Persei et CI Cygni (*Voir* le tableau ci-après).

La présence de [KV] a déjà été soupçonnée dans AX Persei et CI Cygni, mais non dans Z Andromedæ. J'attribue à cet ion les raies 6444,6 (1,5), 6350,9 (6), 6315,9 (6) et 4161,7 Å (1) (longueurs d'onde calculées : 6446,5, 6349,5, 6316,6, 4160,7 Å).

(*) Séance du 25 juillet 1949.

([1]) P. Swings et O. Struve, *Astroph. Journ.*, **91**, 1940, p. 546, et **97**, 1943, p. 194.

([2]) P. Merrill, *Astroph. Journ.*, **107**, 1948, p. 317.

([3]) H. H. Plaskett, *Publications of the Dominion Astrophysical Observatory of Victoria*, IV, 1928, p. 119.

Une assez forte radiation à 6374 Å correspond très probablement à la raie coronale [FeX] observée déjà dans AX Persei et CI Cygni.

Fe VII.	Z Andromedæ.	AX Persei.	CI Cygni.
6085,5	89,8 (8)	90,0 (8)	89,8 (7)
5720,9	24,2 (5)	19,9 (2)	21,5 (4s)
5276,1	74,1 (1,5)	74,0 (1)	74,1 (2)
5158,3	59,7 (5)	60,8 (3)	56,0 (3)
4989,4	90,0 (1,5)	–	–
4942,3	45,0 (2)	44,7 (1)	40,5 (1)
–	–	–	49,5 (1)
4893,9	94,9 (2)	–	–
4699,0	98,5 (1,5)	–	–
3759,9	59,5 (2)	59,3 (6n)	59,1 (5)
3587,2	–	86,2 (3)	86,7 (4)

On peut sans doute attribuer à [NII] la raie 5754 Å, à [OII] la raie 3728 Å (vue sur un seul cliché), et à [OI] la raie 5577 Å (mais la raie 6300 Å est invisible). Les raies 5200 et 5104 Å, dans une région où la plaque est relativement peu sensible, pourraient enfin appartenir respectivement à [NI] et [TiVII].

En absorption, les têtes de bandes de TiO, dégradées vers le rouge, sont bien visibles sur le cliché de 1948 (plaque panchromatique) à 4761 (2—0), 4955 (1—0), 5167 (0—0), 5449 (0—1), 5597 (3—4), 6158 (1—4) et 6215 Å. Mais on voit beaucoup moins de raies d'absorption atomiques (CaII, FeI) que sur le cliché obtenu par Merrill 10 jours plus tard, avec une dispersion près de 10 fois plus grande.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur le rayon atomique, déduit des interactions électroniques*. Note de M. **Robert Forrer**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans une Note précédente [1] nous avons montré qu'on peut déduire l'existence de certaines discontinuités dans les distances atomiques, constatées expérimentalement, d'une formule

$$d/r_0 = \cos \nu\omega'/2, \tag{1}$$

où d est la distance entre deux atomes entre lesquels il y a interaction électronique Φ, r_0 le rayon de l'orbite en interaction, ν le nombre d'interactions élémentaires φ contenu dans une interaction Φ et $\omega' = 2\pi\alpha$ l'angle apparent d'une interaction élémentaire φ ($\alpha = 2\pi e^2/hc = 1/137$ étant le facteur de Sommerfeld). Notons encore que $\nu.\tau = F$, où τ est une constante égale à $14°,0$ et que F peut être déduit du point de fusion du corps envisagé [1].

[1] *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 988.

La formule (1) nous permet de déterminer, à partir des données expérimentales, le diamètre $2r_0$ de l'orbite en interaction qui peut être considéré comme le véritable diamètre maximum de l'atome. Nous donnons dans le tableau suivant le rapport $2r_0/d$ pour quelques facteurs F rencontrés souvent dans les éléments et alliages pas trop légers ($Z > 24$).

F.	ν.	$2r_0/d$.
273°	19 1/2	1,109
287	20 1/2	1,122
301	21 1/2	1,135
315	22 1/2	1,150

Ce rapport $2r_0/d$ varie donc relativement peu et le « diamètre » atomique ainsi déterminé dépasse la distance atomique d'environ 13 %. Il peut être confronté avec certaines distances qu'on trouve dans les réseaux cristallins. On peut distinguer deux cas :

I. L'atome considéré possède un certain nombre de voisins avec lesquels il est en interaction et, en outre, dans le même plan, un ou plusieurs voisins sans interaction (exemples I, U, Fe β, Cu Zn et alliages similaires, *voir* le tableau suivant).

L'iode par exemple fait avec 2 voisins à la distance de 3,54 Å, deux interactions Φ avec le facteur $F = 273,4$ ($\nu = 19$ 1/2), ce qui permet de calculer avec le rapport $2r_0/d = 1,109$ un diamètre d'orbite $2r_0 = 3,93$ Å. L'iode possède effectivement dans son plan d'interaction un voisin avec une distance $d' = 4,07$ Å, peu supérieure au diamètre calculé. De même l'uranium (type A 20) possède dans son plan de base deux voisins avec $d = 2,85_2$ Å et quatre voisins avec $d' = 3,260$ Å, distance très peu supérieure au diamètre orbital calculé $d_0 = 3,24$ Å.

On peut donc prétendre que dans ces cas la nouvelle distance d' (sans interaction et supérieure d'environ 13 % à la distance d'interaction d) est créée uniquement par la répulsion électrostatique des orbites qui sont tenues par interaction avec d'autres voisins dans le même plan.

Dans le réseau du cube centré du fer [du laiton-β (Cu Zn) etc.] le diamètre orbital $2r_0 = 2,813$ Å calculé à partir de la distance d'interaction $d = 2,478$ Å trouve avec justesse de la place dans la maille ($a = d' = 2,860$ Å). La distance entre les orbites est du même ordre que dans l'iode et l'uranium.

						En angströms.			
	T°.	N.	F°	ν.	$\frac{2r_0}{d}$.	d.	$2r_0$.	d'.	$d' - 2r_0$.
I	386,8	2	273,4	19,5	1,109	3,54	3,93	4,06	0,13
U	–	–	301	21,5	1,135	2,852	3,24	3,260	0,02
Fe	1201	16	300	21,5	1,135	2,478	2,813	2,860	0,047
Cu Zn	1176	16	294	21	1,128	2,55	2,88	2,945	0,065
Ga [1]	–	1	287	20,5	1,122	2,437	2,734	2,736	−0,002
Zn	692,5	6	282,7	20,2	1,117	2,65	2,96	2,94	−0,02
Cd	594,0	4	297,0	21,2	1,130	2,97	3,36	3,30	−0,06
Hg	234,3	2/3	287,1	20,5	1,122	3,000	3,366	3,463	0,097

II. Dans le cas du Ga, Zn, Cd et Hg, ν et d permettent bien de calculer le diamètre $2r_0$ des orbites en interaction, supposées activées et à l'état p^1, mais les plans d'interaction ne contiennent pas les distances d'. Or, ces atomes possèdent encore des électrons extérieurs à l'état s^1 qui ont probablement le même développement spatial et repoussent par conséquent les voisins sans interaction à la distance d' qui en effet est presque exactement égale au diamètre $2r_0$ calculé (*voir* le tableau).

Le diamètre $2r_0$ calculé à partir de la formule (1) se manifeste donc dans un assez grand nombre de cas, en repoussant certains atomes voisins à des distances supérieures. Nous considérons ces faits comme un fort appui pour le mécanisme d'interaction proposé.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur la réponse optimum à l'impulsion d'Heaviside d'un circuit à bande passante limitée.* Note (*) de M. **Jacques Laplume**, présentée par M. Louis de Broglie.

Soit $u(t)$ la réponse d'un circuit à l'impulsion d'Heaviside.

En raison de la bande passante obligatoirement limitée du circuit, on ne peut superposer exactement les signaux de sortie et d'entrée. Un certain décalage τ dans le temps, que nous ajusterons au mieux, permet d'effectuer approximativement cette superposition, mais il subsiste entre le signal de sortie et le signal d'entrée décalé un écart $\varepsilon(t)$. On peut, avec Wiener, définir l'écart global entre ces deux signaux, et par conséquent la distorsion du circuit, par

$$\bar{\varepsilon}^2 = \int_0^\infty \varepsilon^2\,dt = \int_0^\infty (u - A)^2\,dt, \tag{1}$$

où

$$A = \begin{cases} 0 & \text{pour } t < \tau, \\ 1 & \text{pour } t > \tau, \end{cases} \tag{2}$$

en supposant $u(t)$ normé de telle manière que

$$\lim_{t \to \infty} u(t) = 1.$$

Par ailleurs, si $G(f)$ est le gain relatif du circuit, sa bande passante peut être définie par

$$B = \frac{1}{G^2(0)} \int_{-\infty}^{\infty} GG^*\,df. \tag{3}$$

Le spectre de Fourier de l'impulsion d'Heaviside étant $(1/2j\pi f)$, le spectre Φ du signal de sortie est

$$\Phi = \frac{G}{2j\pi f}, \tag{4}$$

(*) Séance du 25 juillet 1949.

de sorte que

$$B = \frac{4\pi^2}{G^2(0)} \int_{-\infty}^{\infty} f^2 \Phi\Phi^* \, df. \tag{5}$$

Compte tenu de la relation classique

$$\int_{-\infty}^{\infty} f^n \Phi\Phi^* \, df = -\left(\frac{1}{2j\pi}\right)^n \int_0^{\infty} u \frac{d^n u}{dt^n} \, dt, \tag{6}$$

on peut écrire B sous la forme

$$B = -\frac{1}{G^2(0)} \int_0^{\infty} u u'' \, dt. \tag{7}$$

Proposons-nous de déterminer $u(t)$ de manière à rendre minimum $\bar{\varepsilon}^2$ lorsque B est fixé. Ce problème se ramène à la détermination du minimum de $\bar{\varepsilon}^2 + \lambda B$.

En appliquant les méthodes classiques du calcul des variations et en admettant la continuité de u pour $t = \tau$, on constate aisément que u doit vérifier l'équation

$$u - \frac{\lambda}{G^2(0)} u'' = A. \tag{8}$$

Pour que u ait une limite pour $t \to \infty$, il faut que λ soit positif. Par un choix convenable de l'échelle des temps, on peut faire $\lambda/G^2(0) = 1$.

La solution de (8) satisfaisant aux conditions $u(0) = 0$, $u(\infty) = 1$, et continue ainsi que sa dérivée pour $t = \tau$ est la suivante

$$u(t) = \begin{cases} e^{-\tau} \operatorname{Sh} t & \text{pour } t < \tau; \\ 1 - e^{-t} \operatorname{Ch} \tau & \text{pour } t > \tau. \end{cases} \tag{9}$$

On montre facilement que $\bar{\varepsilon}^2$ est minimum pour $\tau = 1$, de sorte que le signal optimum, au sens où nous l'avons entendu, a pour expression

$$u(t) = \begin{cases} \frac{1}{e} \operatorname{Sh} t & \text{pour } t < 1 \\ 1 - e^{-t} \frac{e + e^{-1}}{2} & \text{pour } t > 1. \end{cases} \tag{10}$$

Le calcul du spectre $\Phi(f)$ de ce signal permet, compte tenu de (4), de déterminer le gain du circuit. On obtient

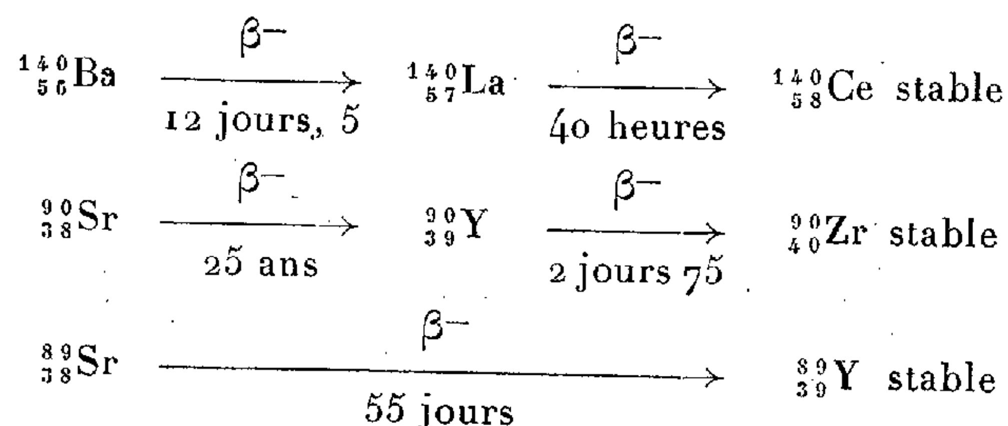
$$G(f) = \frac{e^{-2j\pi f} - \frac{2j\pi f}{e}}{1 + 4\pi^2 f^2}. \tag{11}$$

ÉLECTRONIQUE. — *Emploi de radioéléments dans l'étude du comportement des métaux alcalino-terreux des cathodes à oxydes.* Note (*) de Mlle **Jacqueline Beydon**, MM. **Lucien Beaudoin**, **Jean Challansonnet** et **Jean Debiesse**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Certains défauts présentés par les tubes électroniques (contre émission de grilles, mauvais isolement, etc.) sont attribués à la volatilisation du baryum et à sa condensation sur les électrodes. G. Déjardin signale dans un rapport récent (1) l'importance attachée à ce problème aux U. S. A. : le choix du métal support des oxydes en dépend. Dans la nouvelle industrie des lampes miniatures comme dans celle des tubes habituels, il est évidemment d'un très grand intérêt de travailler dans les meilleures conditions d'isolement.

Les dépôts de baryum sur les électrodes des tubes, ainsi que sur les accessoires divers (mica, tige support, etc.) et les parois de l'ampoule, ont été mis en évidence jusqu'ici par étude de l'effet photoélectrique que présentent ces diverses pièces (2). Par ailleurs des études chimiques récentes (R. O. Jenkins, R. H. C. Newton) (3) ont permis de déterminer quantitativement le baryum libre déposé (de l'ordre du microgramme).

Afin d'obtenir des résultats plus précis et plus généraux nous avons entrepris l'étude de la volatilisation des oxydes recouvrant les cathodes en incorporant à ces oxydes les radioéléments Ba^{+} et Sr^{+} et en mesurant au compteur de Geiger l'activité obtenue sur les diverses électrodes à différents stades de fonctionnement, des tubes étudiés (tubes EL 3). Les isotopes radioactifs du baryum et du strontium utilisés comme indicateurs sont en équilibre avec leurs dérivés.



Ces isotopes ont été obtenus par fission de l'uranium par des neutrons lents. Les indicateurs ont été ensuite incorporés sous forme de carbonates à la pâte

(*) Séance du 18 juillet 1949.

(1) *Nouvelle enquête sur l'industrie américaine des tubes électroniques* IT 40, février 1949 (*Informations techniques*).

(2) Jean Debiesse et Robert Champeix, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 404-405; 226, 1948, p. 234-235; 227, 1948, p. 1349-1350.

(3) *Nature*, vol. 163, avril 1949, p. 572; n° 4, p. 145.

habituelle des carbonates servant à enduire les cathodes. Après usage, les tubes ont été cassés, démontés, et leurs différentes parties ont été étudiées au compteur. Les résultats varient d'environ 20 % d'un tube à l'autre, ce qui s'explique par les différences de structures des revêtements d'oxydes à la surface des cathodes. En postulant que la volatilisation de chaque métal est la même pour ses divers isotopes, on peut déduire des résultats les quantités respectives de baryum et de strontium déposées. Soit, par exemple, pour un tube :

	Ba (mg).	Sr (mg).		Ba (mg).	Sr (mg).
Première grille.....	0,131	0,103	Troisième grille.....	0,021	0,016
Deuxième grille....	0,013	0,010	Anode............	0,104	0,082

Sur le reste de l'ampoule, les poids de baryum et de strontium déposés sont environ vingt fois plus grands. La cathode contenait initialement 8^{mg} de baryum et 5^{mg} de strontium, combinés, sous forme de carbonates.

Les dépôts observés de baryum et de strontium peuvent provenir soit d'une sublimation directe des oxydes BaO et SrO formés pendant *l'activation* de la cathode, soit d'une évaporation des métaux alcalino-terreux qui jouant le rôle de getter, fixent par la suite plus ou moins complètement N et O résiduels.

Nos premiers résultats sont les suivants :

1° Les diverses électrodes présentent une activité de même période que la cathode.

2° Le départ des métaux alcalino-terreux se fait essentiellement lors de *la formation* et de *l'activation* des tubes.

Ainsi la technique signalée met en évidence la volatilisation du strontium et permet de reconnaître la nature et la quantité de chacun des métaux alcalino-terreux déposés, sur chacune des électrodes. Elle nous permettra d'étudier le parcours des métaux alcalino-terreux à travers la couche d'oxydes de la cathode. Cette technique se révèle donc comme particulièrement féconde et riche de promesses.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Le rôle du cortège électronique dans les phénomènes de radioactivité*. Note (*) de MM. **Raymond Daudel** et **Maurice Jean**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le cas des désintégrations β. — Quand on tient compte du rôle du cortège électronique au cours d'une désintégration β, on s'aperçoit que dans le cas du tritium, par exemple, celle-ci peut conduire à cinq types de particules finales :

1° L'atome neutre d'hélium dans l'état fondamental;

2° le même dans un état excité;

3° l'ion He^+ dans l'état fondamental;

(*) Séance du 4 juillet 1949.

4° l'ion He^{+} dans un état excité;

5° l'ion He^{++}.

Certaines de ces particules peuvent d'ailleurs se former selon deux processus différents : *Le cas* 1° correspond à la création K (¹). *Le cas* 2° correspond à la création L, M, N, etc. La création L, par exemple, peut se faire directement comme on l'a jusqu'à présent admis. Soit p_L la probabilité de ce processus. Elle peut aussi se faire par une création K ayant lieu simultanément avec une excitation de l'électron K du tritium sur le niveau L de l'hélium. La probabilité de ce deuxième processus se note :

$$p'_K \left| \int \psi_L^*(z=2)\,\psi_K(z=1) \right|^2 d\tau.$$

Elle n'est pas du tout négligeable devant p_L et même dépasse ce terme, de sorte qu'il faut corriger les calculs déjà faits sur la création *e* en introduisant ce nouveau processus. Il semble que dans le cas des atomes lourds, ce nouveau terme soit du même ordre de grandeur que le terme représentant la création directe. *Le cas* 3° correspond à l'émission β ordinaire qui peut aussi se faire par une création K ayant lieu simultanément avec une éjection de l'électron K du tritium hors de l'atome.

Dans ce processus, l'électron nucléaire reste dans le champ du noyau d'hélium formé et c'est un électron du cortège qui sort. Il serait intéressant d'évaluer l'importance de ce processus dans le cas des noyaux plus lourds. Il montre que l'émission β doit être sensible à la structure des cortèges des atomes. *Le cas* 4° correspond à une émission β, laissant l'ion He^{+} (²) dans un état excité. Là encore deux processus sont possibles. *Le cas* 5° montre qu'une désintégration β peut s'accompagner de l'émission de deux électrons (²).

Dans tous les cas où la particule finale est laissée dans un état excité, elle se réarrange évidemment par émission de photons et effet Auger.

Le cas des désintégrations β_+. — On peut transposer ici ce qui vient d'être dit au sujet des désintégrations β_-. Par exemple, une capture L peut se faire selon deux processus : la capture directe ou une capture K ayant lieu simultanément avec une chute d'un électron L sur le niveau K; ce dernier processus entièrement négligé jusqu'ici n'est pas négligeable; il est donné par la formule :

$$p'_K \left| \int \psi_K^*(Z-1)\,\psi_L(Z) \right|^2 d\tau.$$

On peut de même imaginer qu'une capture *e* laisse l'atome dans un état excité, s'accompagne d'éjection d'électrons (sans faire appel à l'effet Auger), etc.

(¹) DAUDEL, BENOIST et JEAN, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1427; DAUDEL, JEAN et LECOIN, *Journ. Phys.*, 8, 1947, p. 238; JEAN, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2064.

(²) B. TOUSCHEK (communication personnelle). *Voir* également : MIGDAL, *Journ. Phys. URSS*, IV, 1941, p. 449.

L'énergie de réarrangement du cortège. — Lors d'une désintégration β_- l'énergie potentielle du cortège diminue d'une quantité ΔE qui peut atteindre plusieurs dizaines de kiloélectronvolts pour les noyaux lourds. Cette énergie doit généralement se retrouver sur les électrons du spectre β_-. Dans le cas des désintégrations β_+ et α, l'énergie potentielle du cortège augmente de ΔE et il faut prélever, en général, cette énergie au rayonnement.

Mais, dans certains cas, le réarrangement du cortège conduit à des phénomènes particuliers qui sont en cours d'étude.

La double émission de neutrinos. — Signalons enfin que parmi les phénomènes doubles (3), il faut parler de l'émission simultanée de deux neutrinos qui correspond à la désexcitation d'un noyau grâce au champ nucléaire. Parallèle à l'émission du photon qui correspond à la désexcitation à l'aide du champ électromagnétique, ce phénomène est moins probable mais il est intéressant du point de vue théorique.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur un type de compteur permettant la mesure absolue du nombre de désintégrations se produisant dans une source radioactive* β. Note (*) de M. **René Cohen**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons mis au point un compteur G. M. autocoupeur destiné à éliminer, dans les mesures absolues d'activité β, les erreurs dues à l'absorption dans les parois, à l'évaluation de l'angle solide effectif et à la pente du palier.

Ce compteur, sans paroi, est tel que l'angle solide sous lequel la source est vue du compteur est égal à 4π (*fig.* 1). Si la source est suffisamment mince pour qu'à chaque désintégration le rayon β émis puisse en sortir, on enregistrera une et une seule impulsion par désintégration, quel que soit le schéma de la désintégration, c'est-à-dire quels que soient le nombre et le type de particules émises lors de la désintégration (électron de désintégration et électron de conversion, rayon γ ou X).

Le comptage absolu dépend encore de l'existence d'une pente du palier du compteur due essentiellement aux coups multiples.

En utilisant un circuit spécial, construit par Chaminade (1), avec un temps mort suffisant (10^{-3} sec) pour éliminer ces coups multiples, on réduit fortement cette pente.

Caractéristiques. — Le compteur est placé sous une cloche de verre permettant le remplissage gazeux convenable.

En maintenant fixe la pression de vapeur d'alcool (10^{mm} de Hg) et en faisant varier celle d'argon, on voit que l'efficacité pour les β de UX_2 ($E = 2,32$ MeV)

---

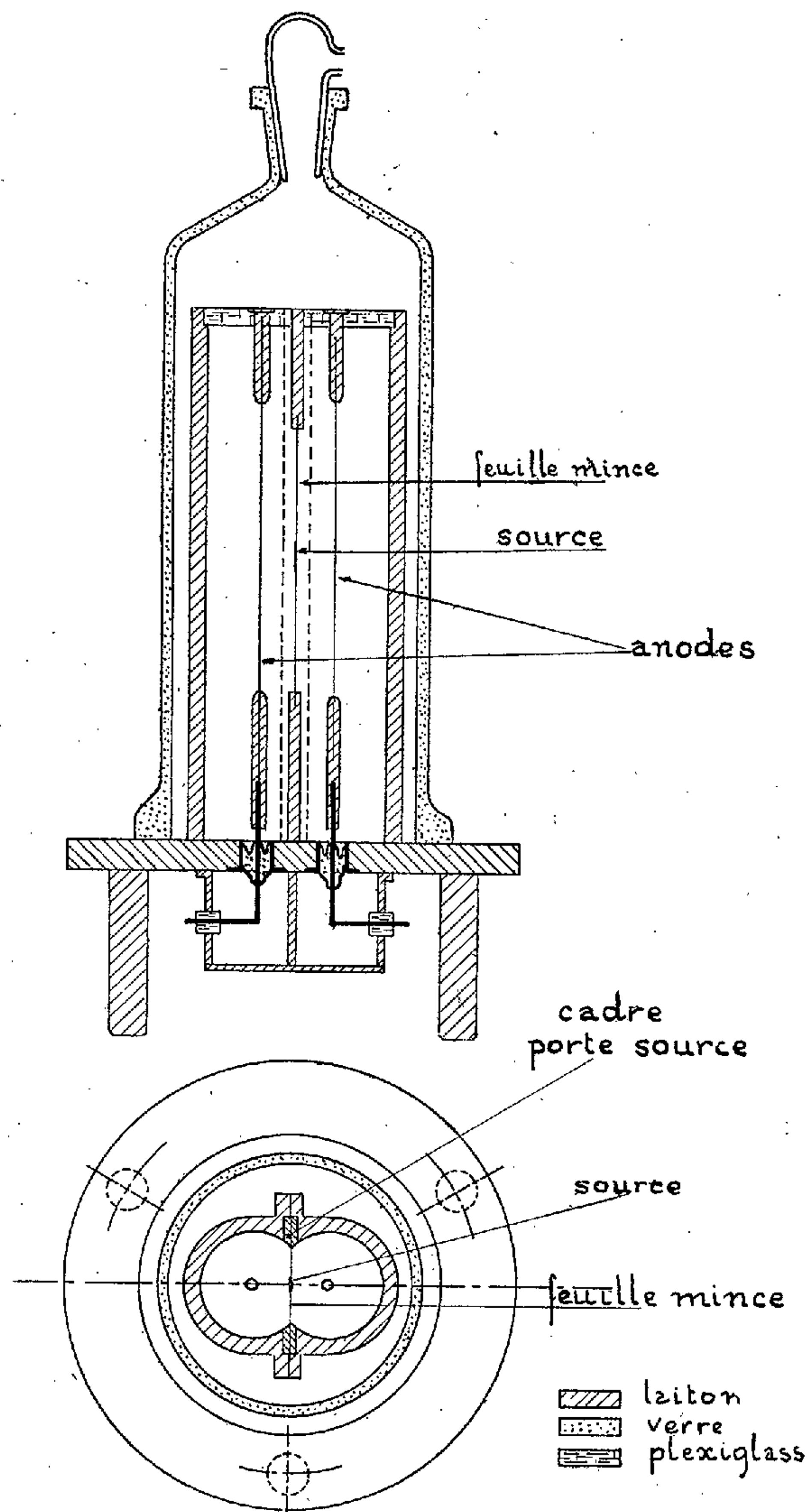
(3) R. Daudel et M. Jean, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 662.

(*) Séance du 18 juillet 1949.

(1) Chaminade, *Journal de Physique* (sous presse).

atteint l'unité dès que la pression d'argon dépasse 50^{mm} de Hg. Avec des anodes de $0^{mm},24$ de diamètre, de longueur utile égale à 90^{mm} et en utilisant le circuit précédent, le compteur a un palier de 200 V et une pente de 1 % pour 100 V.

Il faut environ 30 minutes pour préparer le compteur (montage de la source, pompage, remplissage et mise sous sa protection de plomb).



L'utilisation dans le compteur de la même source d'UO_2 à plusieurs mois d'intervalle nous a permis de constater la grande fidélité du compteur, les paliers successifs étant superposables, aux fluctuations statistiques près.

Sous plomb, le mouvement propre est de 60 par minute; par une gaine de 26 compteurs en anticoïncidences on le réduit à 30 par minute.

Précision. — Une décroissance d'iode ($T = 24^m,99$) nous a permis de vérifier que la formule

$$N_{\text{compté}} = \frac{N_{\text{vrai}}}{1 + N_{\text{vrai}}\tau},$$

applicable dans le cas d'un circuit à extinction du type utilisé, est rigoureusement valable jusqu'à un taux de comptage d'au moins 150000 par minute (pertes d'environ 70 %); on peut ainsi obtenir la valeur corrigée à quelques pour mille près, même dans le cas où les pertes sont de 10 à 20 %.

Les deux autres causes d'erreur, plus importantes, sont :

la self-absorption dans la source : on peut souvent obtenir des sources pour lesquelles la self-absorption, suffisamment faible et bien que mal connue, ne conduise qu'à une erreur de 1 % sur le résultat final;

la pente non nulle du palier introduisant une erreur d'environ 1 %.

Nous voyons donc que nous pouvons déterminer à mieux que 3 % le résultat final.

Domaine d'utilisation du compteur pour les mesures absolues. — Le compteur se prête à la mesure absolue de toute activité $\bar{\beta}$ ou $\overset{+}{\beta}$ de période supérieure à 5 minutes.

Dans le cas d'une filiation β il suffira d'ajuster le temps mort imposé (entre 5.10^{-4} et 2.10^{-2} sec) pour être sûr que le compteur enregistre certainement une impulsion par filiation (temps mort grand devant la deuxième période) ou deux (deuxième période grande devant le temps mort).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur les activités en profondeur de l'argent irradié par les deutons.* Note (*) de Mlle **Catherine Chamié**, Mmes **Henriette Faraggi** et **Branca Marques**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons continué les recherches entreprises dans un travail précédent (1) pour étudier l'activité des couches de diverses profondeurs d'un métal dont la surface a été bombardée par les deutons.

L'argent, sous forme d'une dizaine de lames de $0^{mm},02$ d'épaisseur superposées, était bombardé dans le vide par les deutons du cyclotron du Collège de France (énergie 6,5 MeV). Nous avons vérifié que les courbes de décroissance de l'activité de toutes les lames se déforment avec la profondeur et que certaines couches présentent des maximas d'intensité.

Dans les expériences présentes, l'irradiation aux deutons durait entre 30 minutes et 1 heure, avec un courant de 6 μA. On suivait la décroissance de

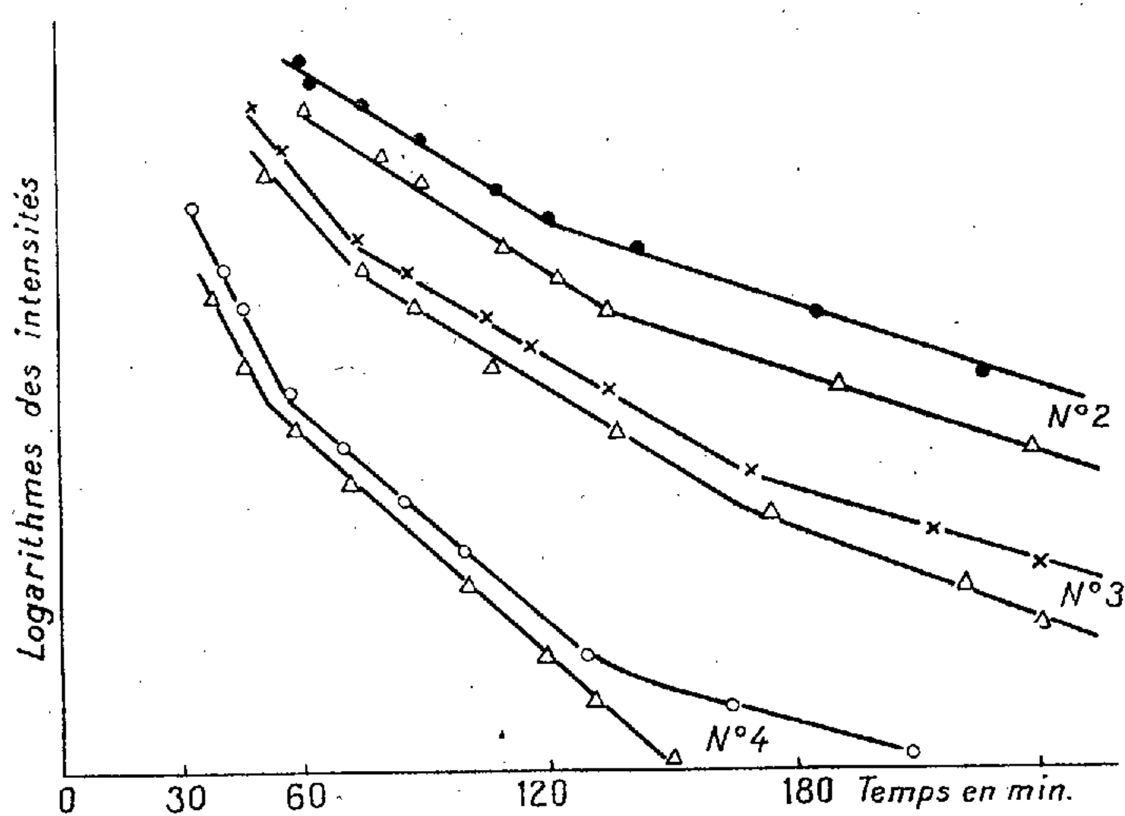
(*) Séance du 18 juillet 1949.

(1) Mlles Chamié et Filçakova, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1289; *Journ. Phys. et Rad.* (paraîtra prochainement).

différentes lames avec un compteur à cloche à parois minces (3 mg/cm² mica) et l'on mesurait également l'absorption du rayonnement. Les mesures commençaient 25 minutes après la sortie de l'argent du cyclotron, de manière que la période connue de 2, 3 minutes soit éteinte. D'autre part, des fragments de chaque lame étaient dissous dans NO_3H, d'où l'on précipitait Ag en présence d'entraîneurs Cd, Pd, Cu, Fe. Ensuite, on séparait successivement ces éléments par des réactions chimiques rapides et l'on faisait les mesures sur chacune des fractions séparée et les résidus. Les résultats de ces expériences qui se sont montrées reproductibles, sont les suivants :

1° L'activité principale de l'Ag irradié aux deutons, comme il fallait le prévoir, se retrouve dans le sulfure de Cd, et est due à ${}^{107}_{48}Cd$ (6,67 h) caractérisé par son rayonnement absorbable et sa période. Cependant, contrairement à ce qu'on aurait pu attendre, nous avons observé la formation de ce Cd avec une intensité appréciable, à des profondeurs importantes et bien localisées ($0^{mm},14$ et même à $0^{mm},26$) pouvant largement dépasser le parcours des deutons de 6,5 MeV.

2° Une portion plus faible de l'activité se retrouve dans les AgCl, elle présente, en général, deux périodes courtes et une période plus longue. Les proportions des trois activités changent avec la profondeur croissante en faveur des périodes courtes (*fig.* 1). Ainsi, à la profondeur de $0^{mm},06$ les



Courbes de décroissance des AgCl extraits de trois lames.

⊙ Lame 2 (profondeur $0^{mm},02$). — × Lame 3 (profondeur $0^{mm},04$). — ⊕ Lame 4 (profondeur $0^{mm},06$). — △ Mesures faites avec les mêmes préparations à travers $0^{mm},2$ Al.

périodes courtes se manifestent de la manière la plus nette et nous mettons en évidence des périodes de l'ordre de 6 minutes et de 35 minutes. (Énergies β de l'ordre de 1,9 MeV et de 2,9 MeV.) La période longue (de l'ordre de 2 heures)

émet un rayonnement plus absorbable et pourrait être due à un mélange de corps entraînés dans la précipitation par HCl.

On retrouve des courbes analogues en mesurant à travers $0^{mm},2$ Al les parties centrales de la troisième et quatrième lame. ($0^{mm},04$ et $0^{mm},06$ de profondeur.) Par contre, en coupant l'extrémité de la quatrième lame qui avait reçu pendant l'irradiation la partie du faisceau des deutons correspondant aux énergies les plus faibles, on trouve sur sa courbe de décroissance une période courte très accentuée, de l'ordre de 11 minutes et une période longue faible, tandis que la période intermédiaire disparaît.

3° Le ${}^{109}_{46}Pd$ (13h) qui se forme à partir de Ag d'après la réaction (n, p) a été trouvé dans la première lame et des traces ont été décelées à des profondeurs de $0^{mm},02$ et $0^{mm},04$.

4° En séparant Pd du Cu, nous avons constaté que le Cu était beaucoup plus actif que le Pd (période 12.8 h, énergie 0,6 MeV). D'après le spectre optique de l'argent employé la quantité de Cu présente était inférieure à 0,001 %. Pour les lames du milieu, fortement serrées entre plusieurs lames se trouvant au-dessus et au-dessous d'elles, il ne pourrait non plus être question d'une contamination par le Cu des appareillages à l'intérieur du cyclotron pendant l'irradiation. Des expériences sont en cours pour expliquer cette présence du Cu.

Conclusion. — 1. Dans les couches successives de l'Ag irradié par les deutons on trouve des activités différentes de celles observée dans une seule lame mince.

2. Les couches situées à des grandes profondeurs au delà du parcours des deutons présentent encore une activité notable.

Il est possible que la présence de rayonnements secondaires $(p, n, {}^{3}_{1}H, {}^{3}_{2}He)$ puisse rendre compte des phénomènes observés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres d'absorption dans l'ultraviolet de la corynanthine, de la corynanthéine et de leurs dérivés.* Note (*) de MM. **Maurice-Marie Janot** et **Robert Goutarel**, présentée par M. Paul Lebeau.

La récente préparation du yohimbane ([1]) et son identification avec le désoxycorynanthol ([2]) nous ont amenés à faire une étude systématique de l'absorption dans l'ultraviolet des alcaloïdes satellites en solution dans l'alcool éthylique en utilisant l'appareil de Beckmann. Nous avons traduit les résultats obtenus en courbes spectrales fonction de $\log \varepsilon$ et de la longueur d'onde ainsi qu'en tableaux donnant les valeurs typiques.

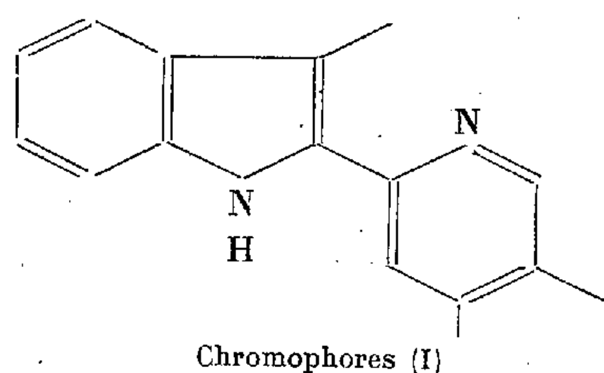
(*) Séance du 18 juillet 1949.

([1]) J. Jost, *Helv. Chim. Acta*, **32**, 1949, p. 1297-1305.

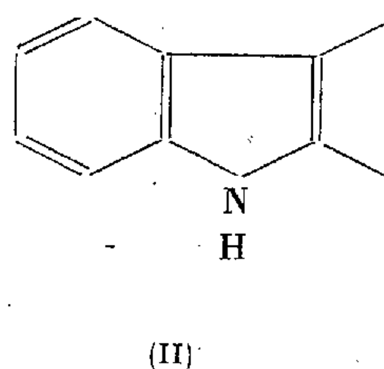
([2]) M.-M. Janot et R. Goutarel, *Bull. Soc. Chim.*, 1949 (à l'impression).

Courbes.	log ε max.	(mμ). 320.	280.	225.	Chromophores.
a	Tétrabyrine	4,38	–	–	(I)
b	Coryline	4,37	–	–	(I)
c	Désoxycorynanthol	–	3,89	4,49	(II)
–	Yohimbane (¹)	–	3,84	4,53	(II)
d	Corynanthine	–	3,92	4,53	(II)
e	Acide corynanthique	–	3,83	4,30	(II)
f	Monoacétylcorynanthine	–	3,94	4,53	(II)
d'	J. 152	–	3,87	4,57	(II)
e'	Acide corynanthéique *g*	–	3,97	4,64	(II)
i	Acide corynanthéique *d*	–	3,88	4,49	(II)
j	Corynanthéine crist	–	3,89	4,64	(?)
		290.	270.	245.	
g	Diacétylyohimbine	3,72	4	4,16	(III) (*)
h	Diacétylcorynanthine	3,7	4	4,17	(III)

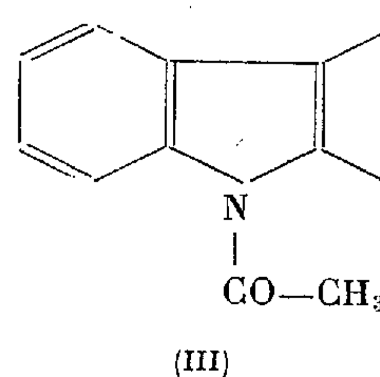
(*) Chromophore (III) Woodward (³), 294$^{m\mu}$ (3,72), 270 (3,92), 246 (4,15).



Chromophores (I)



(II)



(III)

L'examen des courbes permet d'attribuer un rôle prépondérant à trois chromophores.

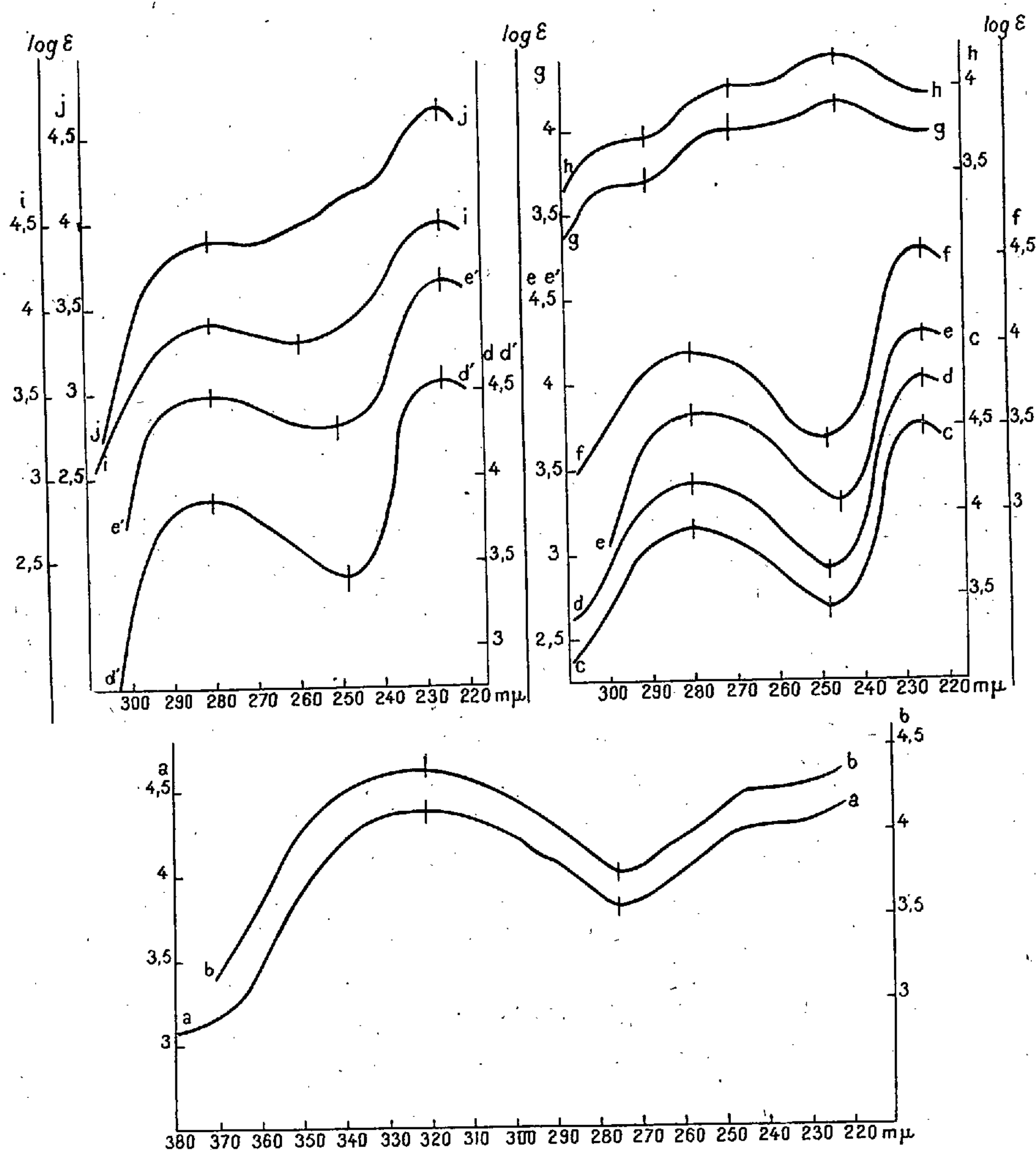
Dans la série de la corynanthine on peut conclure à une identité complète des spectres : 1° du désoxycorynanthol (*c*) et du yohimbane; de la corynanthine (*d*) et de la monoacétylcorynanthine (*f*) en rapport avec le chromophore indolique (II); 2° des dérivés diacétylés de la yohimbine (*g*) et de la corynanthine (*h*) caractéristiques du chromophore N-acyl-indolique (III).

Dans la série de la corynanthéine, on observe que si cet alcaloïde (*j*) présente les mêmes maximums que ceux de la série corynanthique, l'absence du minimum à 250$^{m\mu}$ spécifique du chromophore (II) l'en différencie; par contre, les acides corynanthéiques droit (*i*) et gauche (*e'*), le produit de décarboxylation de l'acide gauche (*d'*) ou J. 152 ont des spectres voisins du chromophore indolique (II). On ne peut cependant rapprocher le spectre de la corynanthéine de celui du chromophore (III), comme on l'avait fait antérieurement (⁴).

(³) R. B. Woodward, *J. Amer. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 2250.

(⁴) R. Goutarel et A. Berton, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 71-72.

Enfin, la coryline (b), produit de déshydrogénation sélénique de la corynanthéine, possède un spectre pratiquement superposable à celui de la



tétrabyrine (a), composé prépondérant de la déshydrogénation de la corynanthine et de la yohimbine et typique du chromophore (I).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Surtension cathodique du système fer ferrique-fer ferreux.* Note (*) de M. **Eugène Lewartowicz**, transmise par M. Paul Pascal.

En vue d'appliquer la théorie moderne de surtension de R. Audubert ([1]) aux systèmes oxydo-réducteurs, on a étudié la relation qui existe entre le potentiel V d'une cathode en platine poli plongée dans une solution acide

(*) Séance du 18 juillet 1949.

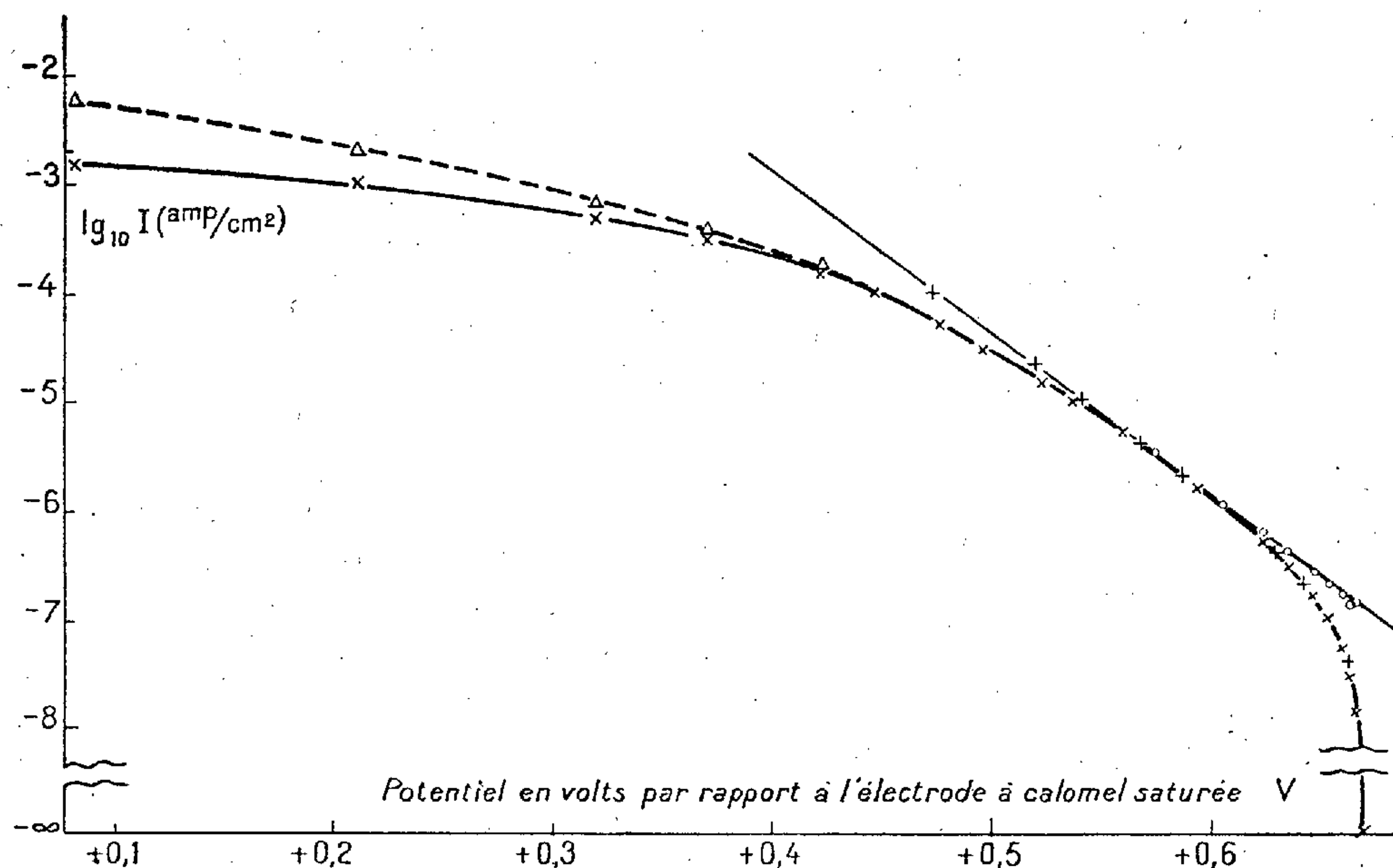
([1]) R. Audubert, *J. Phys. et Rad.* (8), 3, 1942, p. 81-89.

d'alun ferrique et la densité de courant I. On obtient une reproductibilité satisfaisante des résultats par l'emploi d'une anode environ 100 fois plus grande que la cathode et sans diaphragme de séparation. Ainsi, et grâce à une forte agitation mécanique, on a pu étudier des surtensions allant jusqu'à 100 mV et appliquer la formule de R. Audubert à la réaction $Fe^{+3} + \theta \rightarrow Fe^{+2}$, la seule qui ait lieu dans ces conditions

$$\text{Log}\, I = \text{Log}\, K + \text{Log}[Fe^{+3}] - \frac{W - \alpha F V}{RT} + \text{Log}\left(1 - e^{-\frac{(\alpha+\beta)F\eta}{RT}}\right).$$

Dans cette formule α et β représentent les coefficients de transfert, W l'énergie d'activation, η la surtension, T la température absolue, F le Faraday, R la constante des gaz et K la constante cinétique.

La portion rectiligne de la courbe $\log I = f(V)$ dont la pente pourrait donner le coefficient de transfert α est généralement mal définie dans le cas étudié. Pour obtenir des valeurs plus précises de α, il est préférable de calculer l'expression $\text{Log}(1 - e^{-[(\alpha+\beta)F\eta/RT]})$ à partir des surtensions mesurées en posant $\alpha + \beta = 1$, ce qui est légitime, si ces surtensions ne sont pas trop élevées; on corrige ainsi les courbes expérimentales. Sur la figure on peut voir que les



× Points expérimentaux. — ○ Points correspondant au cas où la réaction inverse n'existerait pas. — △ Points correspondant au cas où la vitesse de diffusion serait égale à la vitesse de réduction. — + Points prévus par la théorie de R. Audubert (α = const.).

points ainsi calculés se placent correctement sur une portion linéaire. D'autre part, si l'on applique la correction de la diffusion pour des surtensions élevées, en remplaçant I par $y = I.I_\infty/(I_\infty - I)$ (2), où I_∞ représente la densité du courant

(2) J. N. Agar et F. P. Bowden, *Proc. Roy. Soc.*, A, **169**, 1938, p. 206-220.

limite, on obtient une courbe légèrement redressée, mais qui s'écarte toujours du prolongement de la portion rectiligne.

On a ainsi déterminé les grandeurs α, W et K en faisant varier systématiquement les facteurs suivants : vitesse d'agitation mécanique, concentration en fer trivalent, rapport des concentrations (Fe^{+2}) : (Fe^{+3}), concentration d'acide sulfurique libre et température.

Les résultats suivants ont été obtenus :

1° Le coefficient de transfert α ne dépend, pour la même solution, ni de la température, ni de l'agitation. En étudiant des solutions d'alun ferrique à différentes concentrations (sans addition de fer bivalent), on observe des valeurs de α qui, bien que dispersées, restent voisines de l'unité pour des concentrations de Fe^{+3} supérieures à 0,01 N et qui diminuent pour des solutions plus diluées. Par contre, on observe une évolution inverse de α en fonction de la concentration en acide sulfurique libre : α augmente légèrement et tend vers l'unité, lorsqu'on fait varier cette concentration de 2 N à 0,1 N.

Le facteur dont l'influence est primordiale est le rapport $r = (Fe^{+2})/(Fe^{+3})$. En dissolvant des quantités diverses d'alun ferrique et de sel de Mohr dans SO_4H_2 1 N, on a réalisé diverses valeurs du rapport r [la somme $(Fe^{+2}) + (Fe^{+3})$ étant maintenue toujours égale à 0,01 N] et l'on a trouvé que α est une fonction décroissante de r.

2° L'énergie d'activation W de la réduction étudiée a été calculée par la méthode graphique proposée par R. Audubert [1] à partir des courbes corrigées à 20, 30, 40 et 50°C. La force d'agitation et la température n'ont aucune influence sur cette grandeur, mais elle varie avec la composition de l'électrolyte. Les valeurs de W données dans le tableau ci-dessous ont été calculées par rapport au potentiel d'une électrode à hydrogène normale.

3° On détermine également de la même manière les valeurs de la constante cinétique K. Cette constante est indépendante de la température (comme α et W), mais elle croît avec la vitesse d'agitation. Les concentrations des ions H^{+} et Fe^{+2} ne sont pas sans influence sur K, qui est sensiblement indépendante de (Fe^{+3}).

r	0	0,01	0,1	1	10	100	∞
α	0,91	0,83	0,56	0,49	0,41	0,35	0,26
W(K/cal)	— 1,7	–	3,5	4,4	–	–	–
$1^{g},10\,K[Fe^{+3}]$....	5,24	–	3,51	2,97	–	–	–

On constate dans ces conditions que les points expérimentaux se placent sur la courbe prévue par la théorie de R. Audubert dans le domaine des surtensions, où la réaction inverse joue un rôle prédominant.

Si l'on considère les surtensions plus élevées, la concordance entre l'expérience et la théorie semble être moins bonne, mais il ne faut pas oublier que dans ces conditions le rapport r, dans la couche immédiatement contiguë

à la cathode, peut être beaucoup plus grand que celui qui correspond à un courant nul, ce qui explique que α diminue progressivement, quand la densité de courant croît.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence de la répartition des imperfections de structure des cristaux de solution solide aluminium-cuivre sur le mode de précipitation de la phase θ′.* Note (*) de MM. **Paul Lacombe** et **Aurel Berghezan**, présentée par M. Albert Portevin.

Nous avons montré à différentes reprises que les contours *intragranulaires* des cristaux présentant la structure *macromosaïque ou polygonisée*, possédaient des propriétés très différentes de celles des vrais contours de grains. L'accumulation des figures de corrosion ([1]), l'attaque intragranulaire par l'acide chlorhydrique à 10 % contradictoire vis-à-vis de la résistance à l'attaque de joints de cristaux peu désorientés ([2]), la concentration des atomes dissous dans le cas de la solution solide Al-Zn ([3]), sont autant de preuves de la différence de structure des contours intragranulaires. Shockley ([4]), à la suite de Burgers ([5]), les a interprétés comme étant constitués par une succession de dislocations dont la distance moyenne est calculable en fonction de la désorientation des blocs voisins. Récemment Castaing et Guinier, par l'étude au microscope électronique de la précipitation de la phase θ′ dans les alliages Al-Cu, ont confirmé la concentration des atomes dissous dans les joints intragranulaires ([6]).

Dans cette étude nous montrerons que la différence de *répartition* de la phase θ′, suivant la vitesse de la trempe et les traitements de recristallisation ou de polygonisation, sont aussi accessibles au microscope optique.

Par faible écrouissage par traction de 2 à 6 % suivi de recuit à 520° et trempe à l'air d'un alliage à 4 % de cuivre, nous avons pu obtenir des cristaux à contours intragranulaires semblables à ceux qu'on observe sur l'aluminium ou sur la solution solide aluminium-zinc. Mais contrairement à l'alliage Al-Zn, ces joints sont difficilement décelables par simple polissage électrolytique après vieillissement à 20°. Cela est dû vraisemblablement à la plus faible teneur en éléments dissous et à la plus faible vitesse de diffusion du cuivre comparée à celle du zinc dans l'aluminium. Il est donc nécessaire d'effectuer un revenu à une

(*) Séance du 25 juillet 1949.

([1]) P. Lacombe et L. Beaujard, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 414.

([2]) P. Lacombe et N. Yannaquis, *Rev. Metall.*, **45**, 1948, p. 68.

([3]) P. Lacombe et A. Berghezan, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 2152.

([4]) W. Shockley et W. Read, *Phys. Rev.*, **75**, 1949, p. 692.

([5]) W. G. Burgers, *Proc. Roy. Acad. Sc. Amsterdam*, **50**, 1947, p. 452.

([6]) R. Castaing et A. Guinier, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 2033.

température suffisante (190° à 220°) pour provoquer la précipitation de la phase θ′.

La figure 1 montre une précipitation sélective à l'aplomb des joints intragranulaires sous forme d'une succession de petits grains de θ′. De part et d'autre de ces lisérés on observe une concentration du précipité sous forme de fines aiguilles orientées *qui n'apparaissent pas* au voisinage des vrais contours de grains. Enfin dans le centre des blocs cristallins on observe une précipitation beaucoup plus grossière et irrégulière dont l'importance est très variable d'un bloc à l'autre.

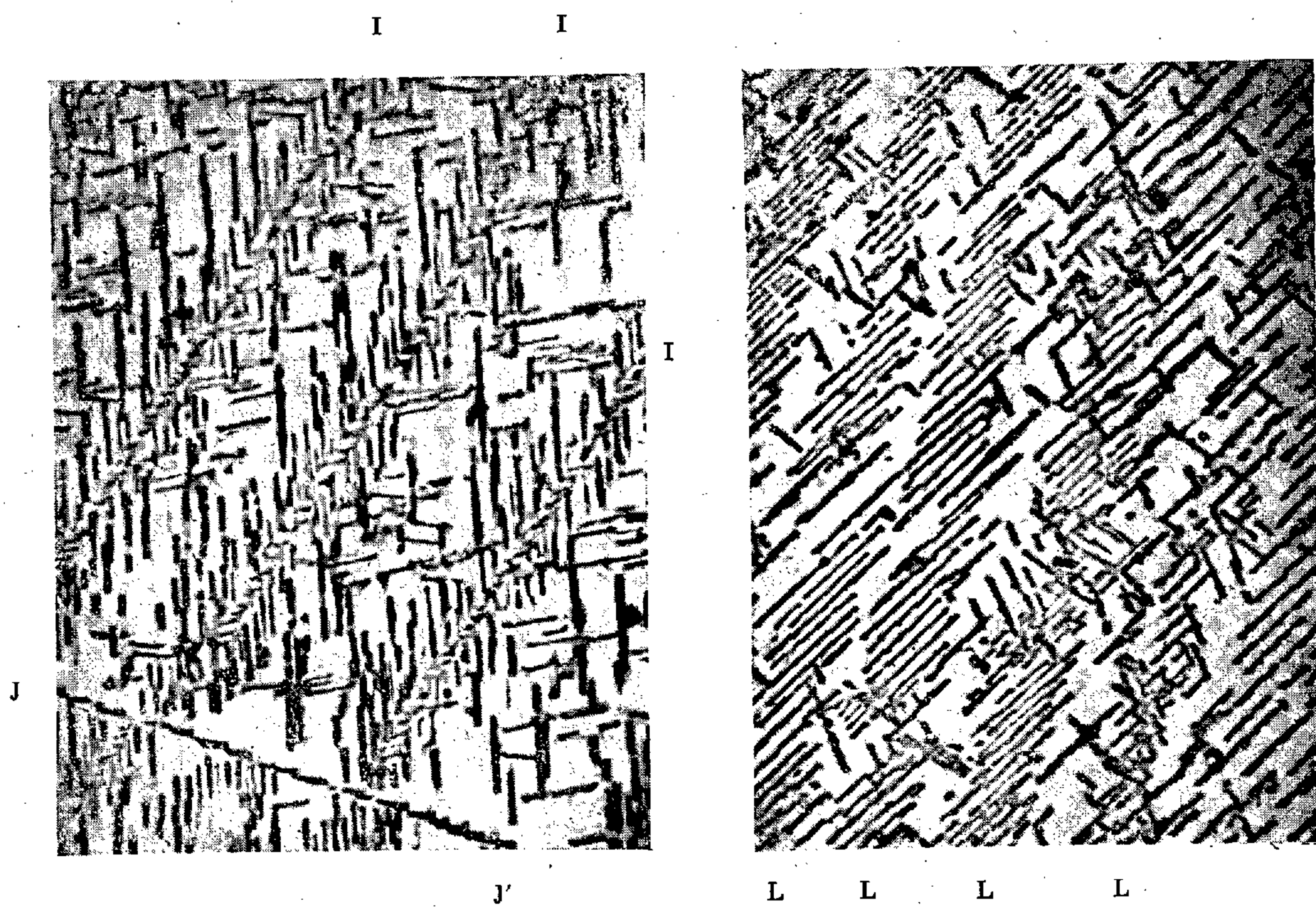


Fig. 1. Fig. 2.

Fig 1. — Précipitation sélective de θ′ dans les contours « intragranulaires » I de cristaux de la solution Al.Cu. (J J′ est un vrai contour de grain.) G = 1500.

Fig 2. — Précipitation préférentielle de θ′ à l'aplomb des lignes de déformation L dues à la trempe à l'eau. G = 1500.

Dans le cas d'une trempe à l'eau, le refroissement plus brutal de l'alliage donne naissance comme pour la solution solide aluminium-zinc à des déformations plastiques. Les plans de glissement qui en résultent provoquent au cours d'un revenu entre 190° et 220° une précipitation préférentielle du constituant θ′. Il est important de remarquer sur la figure 2 que la précipitation de θ′ suivant les trois plans possibles (100) ne s'effectue qu'en dehors des traces de plans de glissement. A l'aplomb de ceux-ci, au contraire, le précipité θ′ apparaît presque uniquement suivant une seule des directions (100) possibles.

Cette prépondérance d'une direction de précipitation est peut être due à l'existence de lignes de glissement transversales, traces d'un plan (100), formées à l'aplomb des lignes de glissement octaédriques classiques ([7]).

Ainsi les déformations plastiques dues à une trempe plus brutale provoquent une localisation de la précipitation telle qu'elle peut même empêcher la mise en évidence des contours intracristallins.

En conclusion, ces observations micrographiques apportent une confirmation expérimentale à l'idée que la répartition des imperfections de structure dans le cristal de solution solide conditionne la cinétique de sa décomposition ([8]).

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'orangé d'uranium : filiation à partir du pentauranate, évolution; rouge d'uranium.* Note (*) de MM. **André Chrétien** et **Gabriel Tridot**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons cherché à élucider les phénomènes qui résultent de l'action mutuelle du sulfure de sodium et du nitrate d'uranyle en solution aqueuse à 20°.

On suit la variation de conductibilité électrique, ou de pH, après addition graduelle d'un réactif à l'autre par les deux moyens inverses. Les courbes obtenues sont discutées en liaison avec l'analyse des solides et celle des solutions mères. Ces dernières apportent un complément d'information capital pour suivre la répartition des éléments mis en jeu, soit que l'analyse des solides se montre inefficace ou que la solution soit le siège principal de l'évolution du système.

L'addition graduelle du nitrate d'uranyle (N/10) à du sulfure de sodium (N/10) donne immédiatement un précipité jaune, qui passe peu à peu à l'orangé puis redevient jaune, et disparaît en laissant une solution jaune. Ces quatre stades successifs sont mis en évidence par la courbe conductimétrique et par celle du pH (*fig.* 1).

1° La totalité du soufre reste en solution jusqu'à la fin du premier stade (A). Le précipité jaune, exempt de soufre, s'identifie avec le pentauranate de sodium : $5\,UO^3, Na^2O$, aq.

En effet, l'allure de la courbe de pH pour le stade I est analogue à celle de la précipitation du nitrate d'uranyle par la soude dans le domaine d'existence du pentauranate ([1]). De plus, le dosage du soufre en solution marque le partage de cet élément en ions soufre $S=$ et sulfure acide $SH-$ avec variation linéaire et inversée des deux formes; la première disparaît à la fin du premier

(7) R. Maddin, *Metals Technology*, 1948; *Techn. Publ.*, n° 2332.
(8) P. Lacombe et A. Berghezan, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1733.

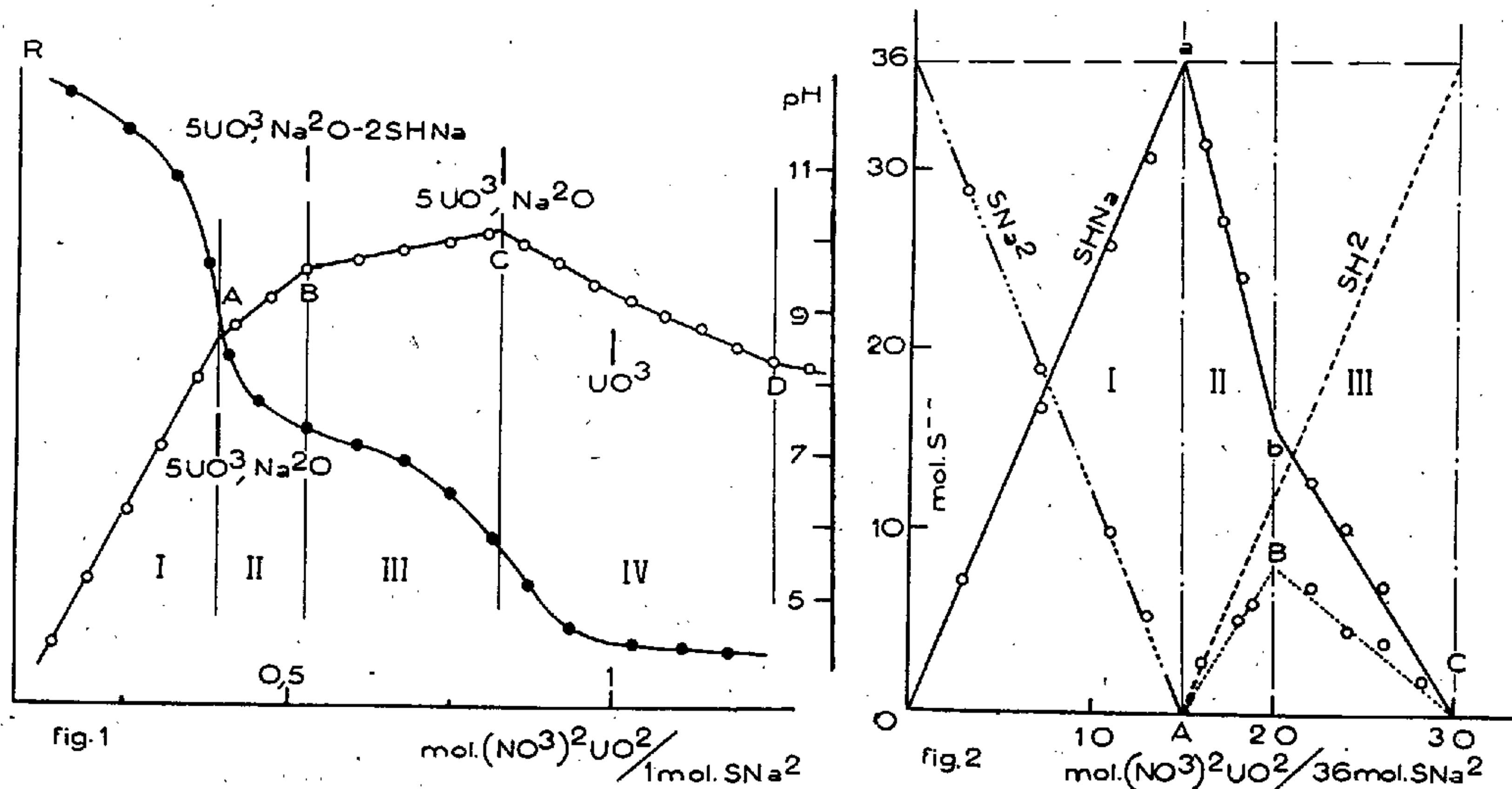
(*) Séance du 25 juillet 1949.
(1) Tridot, *Thèse*, Paris, 1949, Chapitre II.

stade (*fig.* 2, A). La soude fournie par l'hydrolyse du sulfure est donc utilisée en totalité pour former le pentauranate.

2° L'hydrolyse du sulfure de sodium succède à celle du sulfure acide qui est marquée par une mise en liberté de gaz sulfhydrique.

Le dosage de l'ion SH— montre que cette hydrolyse se fait en deux temps (*fig.* 2, ABC), conclusion confirmée par le dosage du soufre dans le précipité. Le soufre y apparaît au début du second stade et disparaît à la fin du troisième, avec un maximum intermédiaire. Le composé correspondant a pour formule $5UO_3$, Na_2O-$2SHNa$, aq. (précipité orangé).

3° L'inversion de la couleur de ce précipité, en continuant l'addition du nitrate d'uranyle, est due à sa transformation en pentauranate par suite de la baisse du pH.



4° Finalement, le pH devient suffisamment bas pour transformer le pentauranate en hydroxyde d'uranyle qui se dissout par la suite.

Le pentauranate-sulfure acide (1.2) se transforme aussi en milieu alcalin, avec changement de couleur. Mais le produit formé est rouge vif au lieu de jaune; il s'agit d'un pentauranate-sulfure acide-sulfure neutre (1.1.1) $5UO_3$, Na_2O-$SHNa$-SNa_2, aq.

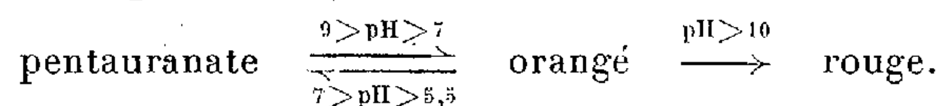
Cette transformation différencie les deux modes inversés de mélange des deux réactifs : l'addition progressive du sulfure de sodium au nitrate d'uranyle ne manifeste qu'une précipitation du pentauranate puisque le *sel double* orangé qui en dérive se transforme ici en *sel triple* rouge au lieu de revenir au pentauranate.

On obtient quantitativement l'*orangé* par action du gaz sulfhydrique sur le *rouge*.

En résumé, nous avons mis en évidence la formation préliminaire d'un

pentauranate de sodium et sa transformation en pentauranate-bisulfure de sodium par action mutuelle du sulfure de sodium et du nitrate d'uranyle.

Ce *sel double*, orangé, évolue en redonnant le pentauranate ou en échangeant 1^{mol} de sulfure acide contre 1^{mol} de sulfure neutre de sodium avec formation de *sel triple*, rouge (pentauranate-bisulfure-sulfure), suivant que le pH est acide ou basique :



$$\text{pentauranate} \underset{7>\text{pH}>5,5}{\overset{9>\text{pH}>7}{\rightleftharpoons}} \text{orangé} \xrightarrow{\text{pH}>10} \text{rouge.}$$

On établit ainsi la filiation entre le pentauranate, l'orangé et le rouge d'uranium, et l'on différencie la nature de ces derniers. Les rapports indiqués antérieurement ([2]) pour les éléments U, S et Na sont confirmés.

CHIMIE MINÉRALE. — *Les alcalis dans les ciments artificiels : leur influence sur la composition de la phase liquide pendant l'hydratation.* Note (*) de MM. **Louis Chassevent** et **Paul Stiglitz**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Nous avons étudié les variations, pendant 7 jours, de la composition de la phase liquide formée en agitant dans un litre d'eau de 800 à 1 500g de clinkers broyés finement ou de ciments artificiels obtenus par broyage de mélanges de clinkers et de sulfate de calcium. Les résultats essentiels de cette étude sont représentés par les figures ci-après :

L'examen de ces figures ([1]) montre que :

1° La phase liquide formée avec le clinker ne contient, pendant toute la durée de l'hydratation, que de la chaux provenant de l'hydrolyse des silicates et aluminates de calcium et des hydroxydes alcalins (principalement de la potasse, provenant de la dissolution rapide des alcalis des clinkers) ([2]). La présence de potasse abaisse la concentration en chaux de la phase liquide à des valeurs très inférieures à 1g,3 par litre correspondant à la solubilité de la chaux dans l'eau pure. Mais la phase liquide est sursaturée en chaux par rapport à l'équilibre $CaO - K_2O - H_2O$. Cette sursaturation est déjà importante 30 minutes après l'addition des clinkers à l'eau. Elle passe par un maximum entre 30 minutes et 24 heures pour devenir très petite au bout de 7 jours, ainsi que le montrent les figures 1 et 4.

([2]) Auger et Longinescu, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 970.

(*) Séance du 25 juillet 1949.

([1]) Les produits utilisés avaient les compositions suivantes : Clinker employé pour les expériences des figures 1, 2 et 4 : K_2O : 0,90 % ; Na_2O : 0,13 % ; Al_2O_3 : 6,12 % ; Fe_2O_3 : 2,16 ; SO_3 : 0 ; Ciment employé pour les expériences de la figure 3 : K_2O : 0,90 % ; Na_2O : 0,17 % ; Al_2O_3 : 7,19 % ; Fe_2O_3 : 2,21 % ; SO_3 : 2,25 %.

([2]) Chassevent et Stiglitz, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 212.

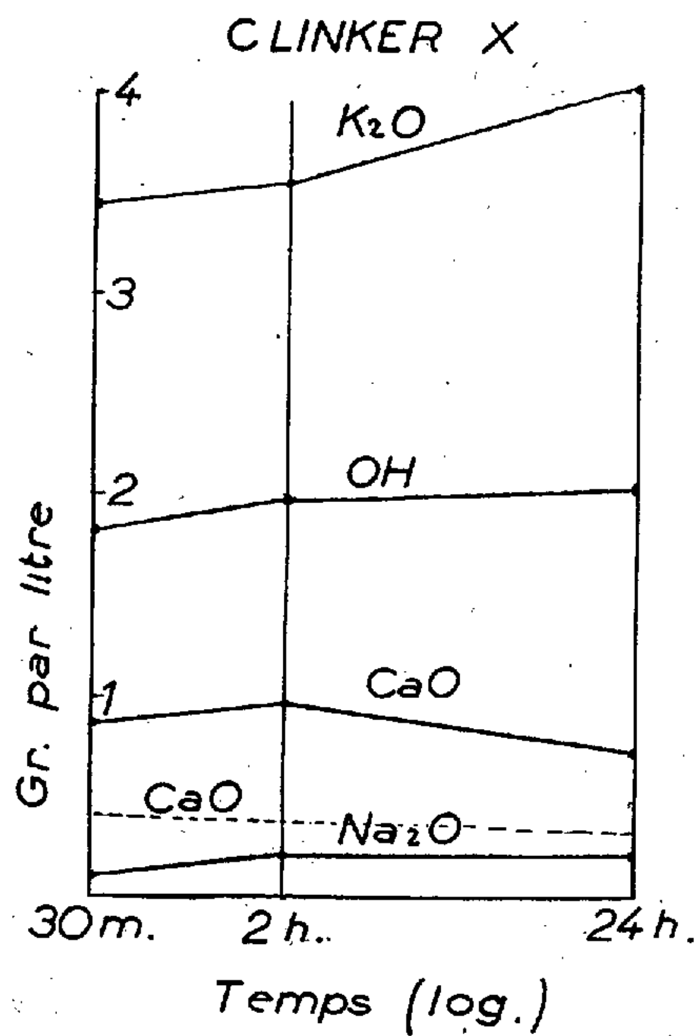


Fig. 1.

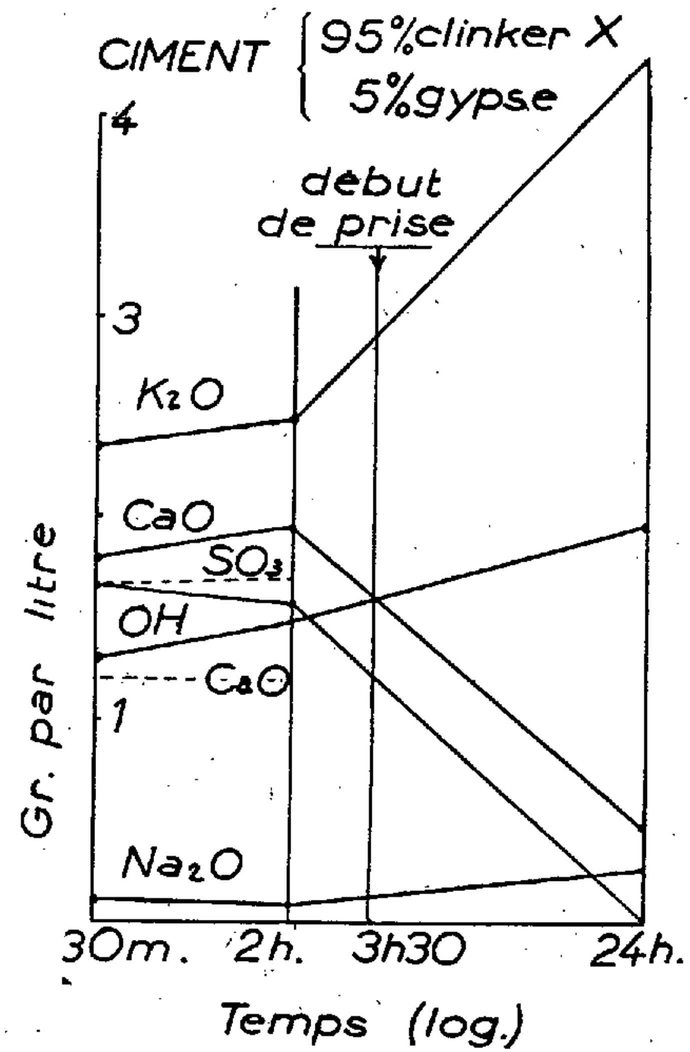


Fig. 2.

Fig. 1 et 2. — Variation en fonction du temps de la composition de la phase liquide pour un rapport liant/eau : 1, Traits pleins : phase liquide, Traits pointillés figure 1 : équilibre $CaO - K_2O - H_2O$; figure 2 : équilibre $SO_3 - K_2O - CaO - H_2O$.

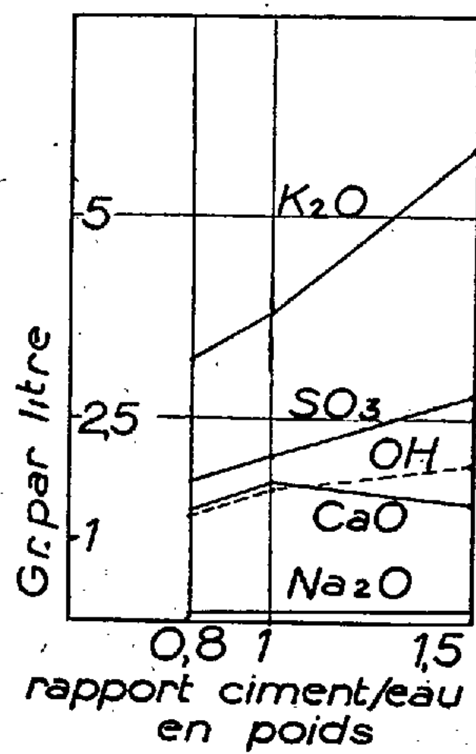


Fig. 3.

Fig. 3. — Influence du rapport ciment/eau sur la composition de la phase liquide au bout de 2 heures.

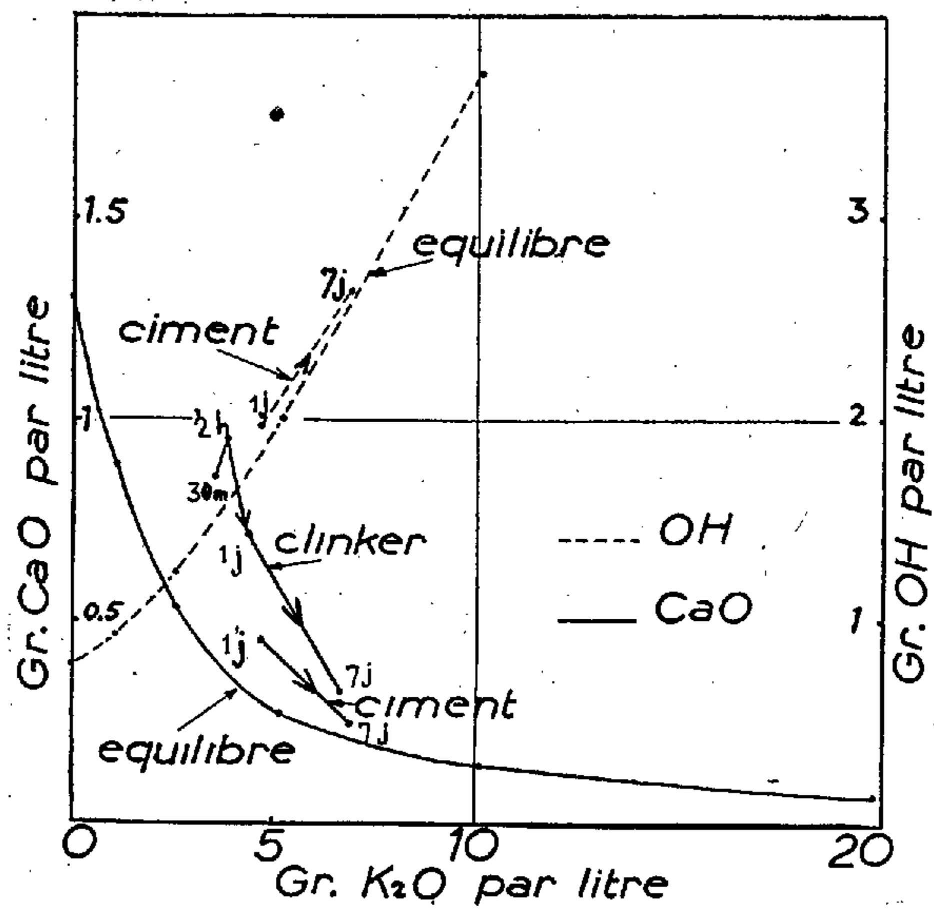


Fig. 4.

Fig. 4. — Sursaturation, par rapport à l'équilibre $CaO - K_2O - H_2O$ à 15°, au cours de l'hydratation du ciment artificiel et du clinker.

2° La composition de la phase liquide formée avec les ciments artificiels change rapidement entre 2 et 24 heures, c'est-à-dire pendant la période correspondant à la prise de ces ciments :

a. Pendant les deux premières heures la phase liquide contient $K_2O - SO_3$ et CaO. La concentration en potasse augmente rapidement pendant les premières minutes, puis très lentement. Au bout de 2 heures elle est proportionnelle au rapport poids du ciment, poids d'eau, ainsi que le montre la figure 3 qui confirme les résultats obtenus précédemment par Hänsel, Steinherz et Wagner (3). Nous avons en outre constaté que la présence de sulfate de calcium dans les ciments artificiels ralentit la dissolution de la potasse des clinkers, ainsi que le montre la comparaison des figures 1 et 2. Nous avons attribué ce ralentissement à la formation du gel de sulfoaluminate de calcium que nous avons étudiée précédemment (4).

La concentration en SO_3 de la phase liquide est augmentée par la potasse du fait de la réaction $SO_4Ca + 2\,KOH \rightarrow SO_4K_2 + Ca(OH)_2$ mise en évidence par la figure 3. Cette concentration en SO_3 est, après quelques minutes, égale ou supérieure à celle qui correspond à l'équilibre $SO_3—K_2O—CaO—H_2O$ (5), suivant que le sulfate de calcium du ciment est à l'état de gypse ou de plâtre. Elle baisse ensuite lentement, entre 30 minutes et 2 heures, du fait de la formation de sulfoaluminate.

b. Entre 2 et 24 heures, c'est-à-dire pendant la période correspondant à la prise des ciments, la concentration en SO_3 de la phase liquide diminue rapidement et devient nulle du fait de la fixation de sulfate du calcium par le sulfoaluminate gélatineux qui se transforme en sel de Candlot (4).

c. Entre 24 heures et 7 jours, c'est-à-dire pendant la période correspondant à l'augmentation rapide des résistances mécaniques, les ciments artificiels s'hydratent dans des solutions qui ne contiennent que de la chaux et des hydroxydes alcalins, principalement de la potasse, ainsi que le montre la figure 4. La potasse augmente la basicité et diminue la concentration en chaux de la phase liquide au sein de laquelle se forme le silicate de calcium hydraté.

En résumé, la présence de petites quantités de potasse dans les ciments artificiels a une très grande influence sur la composition de la phase liquide non seulement pendant les premières heures qui précèdent la prise, ainsi que l'ont déjà signalé plusieurs chercheurs, mais également pendant le durcissement.

---

(3) *Zement*, 45, 1933, p. 625.

(4) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1499.

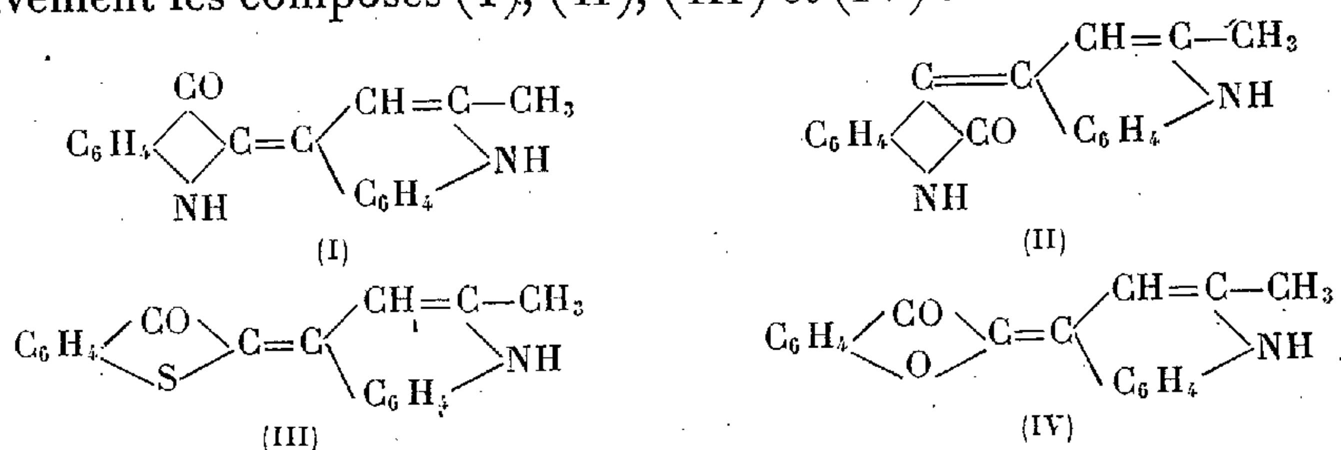
(5) Hein, *Tonind. Ztg.*, 56, 1932, p. 203; Hansen et Pressler, *Ind. Eng. Chem.*, 10, 1947, p. 1280.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les produits de condensation colorés de la 4-chloroquinaldine et de la phtalone-imine avec des molécules hétérocycliques à groupement méthylénique actif.* Note (*) de M. **André Meyer** et Mlle **Geneviève Bouchet**, transmise par M. Marcel Delépine.

Dans une précédente Note [1] nous avons montré que l'action de la *4-chloroquinaldine* sur des composés à groupement CH_2—CO (pyrazolones, isoxazolones, homophtalimides, anhydride homophtalique, etc) conduit à des composés *colorés*, intermédiaires entre les *indigoïdes* et les *cyanines*.

Nous étudierons ici les produits obtenus en condensant la 4-chloroquinaldine avec l'*indoxyle*, l'*oxindole*, l'*hydroxythionaphtène*, la *3-coumaranonne* et les colorants *indigoïdes* préparés par condensation des hétérocycles précités avec la *phtalone-imine* et avec le *4.4-dibromohomophtalimide*.

La condensation, en présence de la pyridine, de la 4-chloroquinaldine avec l'indoxyle, l'oxindole, l'hydroxythionaphtène et la coumaranonne fournit respectivement les composés (I), (II), (III) et (IV) :



3-indolinone-2-quinaldone-4' [formule (I)], $C_{18}H_{14}ON_2$, cristaux *rouge brique* solubles en rouge dans les solvants organiques, déc. vers 280°.

2-indolinone-3-quinaldone-4' [formule (II)], $C_{18}H_{14}ON_2$, cristaux *brun rouge*, solubles en orangé dans les solvants organiques; la solution alcoolique vire au *bleu* par les alcalis et redevient orangé par un acide. F 300° env.

3-cétodihydrothionaphtène-2-quinaldone-4' [formule (III)], $C_{18}H_{13}ONS$, cristaux *rouge foncé*, déc. vers 260°.

3-cétocoumaranne-2-quinaldone-4' [formule (IV)], $C_{18}H_{13}O_2N$, cristaux *jaune brun*, F vers 250°.

Ces colorants, comme ceux décrits précédemment ne fournissent pas de *cuves* ayant une affinité pour les fibres textiles. Toutefois, ces produits, dispersés dans une solution de savon ou de sulforicinate alcalin, teignent la rayonne à l'acétate.

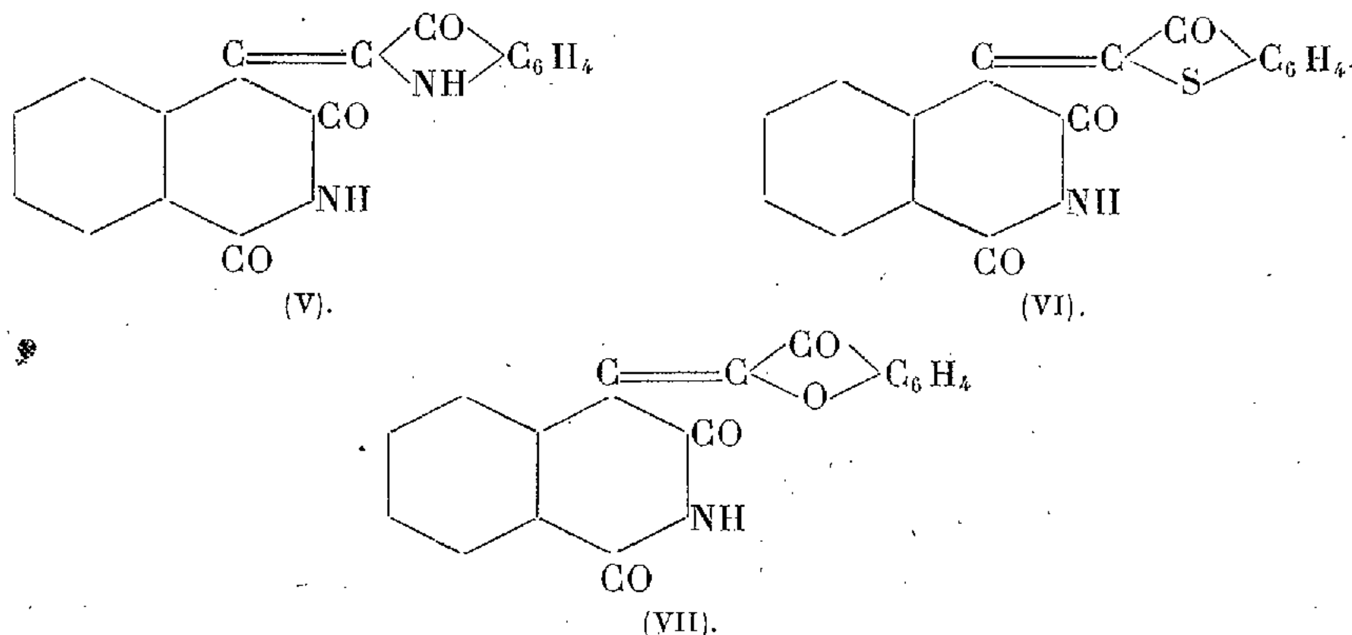
Nous avons préparé ensuite quelques colorants *indigoïdes* de l'isoquinoléine, en condensant la *phtalone-imine* avec des hétérocycles à groupement CH_2 négatif, en milieu anhydride-acide acétique. L'indoxyle, l'hydroxythionaphtène, la 3-coumaranonne donnent ainsi par élimination d'eau des produits

(*) Séance du 25 juillet 1949.

(1) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 345-347.

de condensation colorés. Aucune réaction n'a été observée avec l'oxindole, l'anhydride homophtalique, l'homophtalimide et la phénylméthylpyrazolone.

Les produits obtenus ne fournissent pas de cuves et ne virent ni aux acides ni aux alcalis.



(V). (VI). (VII).

1.3-*dicéto-isoquinoléine-4-indol-2'-indigo* (V), $C_{17}H_{10}O_3N_2$, cristaux *violet foncé*, F 265°.

1.3-*dicéto-isoquinoléine-4-thionaphtène-2'-indigo* (VI), $C_{17}H_9O_3NS$, aiguilles *rouge jaunâtre*, déc. à 280°.

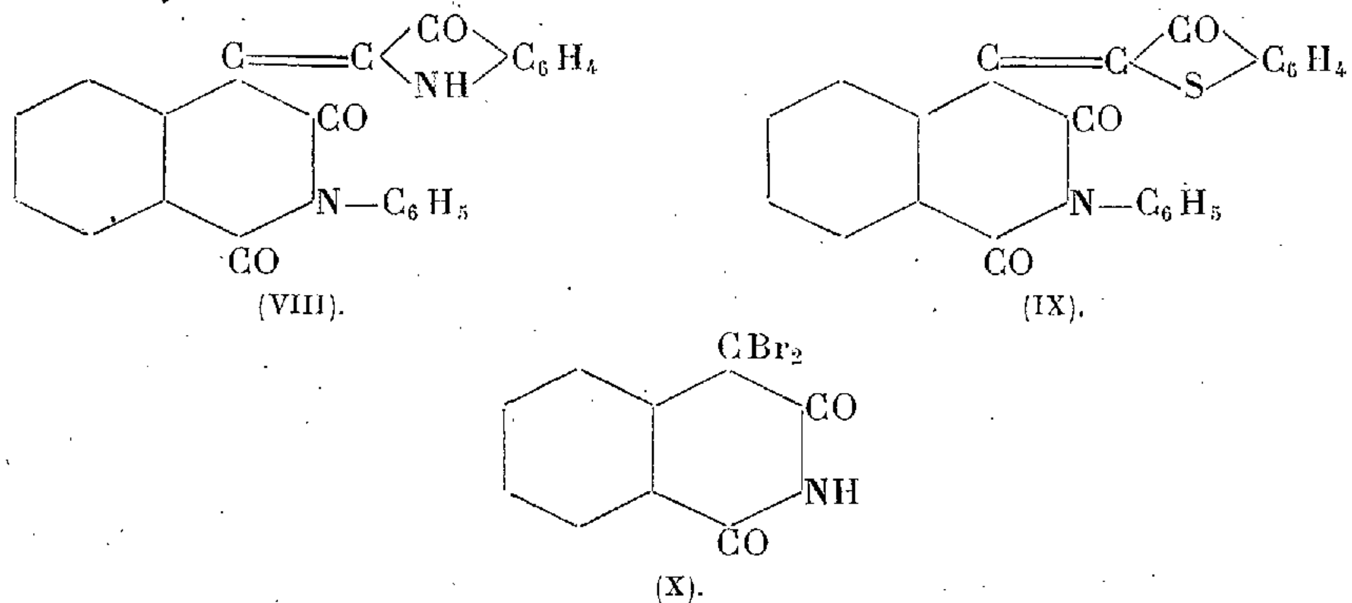
1.3-*dicéto-isoquinoléine-4-coumaranne-2'-indigo* (VII), $C_{17}H_9O_4N$, composé *jaune brun*, F 250° env..

Par comparaison avec les produits connus dérivant de l'isatine, nos composés renferment un CO en plus. Les produits de condensation de l'isatine avec l'indoxyle (indirubine), l'hydroxythionaphtène (Ecarlate Thioindigo) et la coumaranonne sont *rouges*.

Les *phtalone-imines* N-*arylées* réagissent plus difficilement. La N-*phényl-phtalone-imine* donne respectivement avec l'indoxyle et l'hydroxythionaphtène les composés suivants :

1.3-*dicéto*-N-*phényl-isoquinoléine-4-indol-2'-indigo* (VIII), $C_{23}H_{14}O_3N_2$, *violet foncé*, F 240° env..

1.3-*dicéto*-N-*phényl-isoquinoléine-4-thionaphtène-2'-indigo* (IX), $C_{23}H_{13}O_3NS$, *rouge vif*, F 267°.



(VIII). (IX). (X).

Dans ces réactions, on peut remplacer la phtalone-imine par le 4.4-*dibromohomophtalimide* [form. (X)], $C_9H_5O_2NBr_2$, préparé par action du brome en milieu acétique sur l'homophtalimide. Ce composé (petits cristaux F 175°) réagit déjà à froid en présence de pyridine sur l'indoxyle et l'oxythionaphtène, en donnant les produits indiqués plus haut (V) et (VI).

Dans quelques cas, l'hydroxy-4-quinaldine peut réagir avec élimination d'eau sur des molécules méthyléniques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de la déshalogénation de la chloro-2 cyclohexanone* (*Réaction de Faworsky*). Note (*) de MM. **Max Mousseron** et **Robert Jacquier**, transmise par M. Marcel Delépine.

Étude des produits neutres. — La déshalogénation des chloro-2 cyclohexanones par les alcoolates alcalins [1] donne naissance, outre l'acide cyclopentane-carboxylique (I), à un produit déjà signalé et non identifié [2], [3]. Dans l'action de C_2H_5ONa sur la chloro-2 cyclohexanone (II), il se forme l'éthoxy-1 époxy-1.2 cyclohexane [(III), $R = C_2H_5$], $É_{15}$ 105-6°; d_{25}^{25} 1,075; n_D^{25} 1,4822, également synthétisé par action de l'acide perbenzoïque sur l'éthoxy-1 cyclohexène [4]. Ses propriétés sont : formation de l'osazone F 151-2° [5] par action de la phénylhydrazine, de la *bis*-tétraméthylène-pyrazine F 107° [6] par action de l'ammoniaque, hydrolyse en cyclohexanol-2-one-1 F 110° (IV), addition de l'acide chlorhydrique en éthoxy-1 chloro-1 cyclohexanol-2 [(V), $R = C_2H_5$], F 117-180° (déc.).

L'action de CH_3ONa sur (II), donne dans les mêmes conditions l'acide (I) et le produit [(III), $R = CH_3$], $É_{15}$ 98-100°; d_{25}^{25} 1,070; n_D^{25} 1,4634, donnant avec ClH le composé d'addition [(V), $R = CH_3$], F 175-7°.

Lorsque le poids moléculaire de l'alcoolate augmente, la réaction s'oriente presque exclusivement vers la formation du produit de régression : le *n*-propylate et le *n*-butylate de sodium donnent les esters correspondants $É_{15}$ 72° et $É_{15}$ 95-97° de (I); il ne se forme que de faibles quantités de [(III), $R = n-C_3H_7$], $É_{15}$ 120-125° donnant [(V), $R = n-C_3H_7$], F 170-171° et de [(III), $R = n-C_4H_9$], $É_{15}$ 135-140° donnant [(V), $R = n-C_4H_9$] F 165°. Par contre, l'isopropylate

(*) Séance du 25 juillet 1949.

(1) Faworsky et Boshowsky, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, **18**, 1915, p. 615; 4e série, **36**, 1924, p. 1733.

(2) Mousseron et Granger, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 484; Mousseron et coll., *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **14**, 1947, p. 613.

(3) Jackman, Bergman et Archer, *J. Am. Chem. Soc.*, **70**, 1948, p. 498.

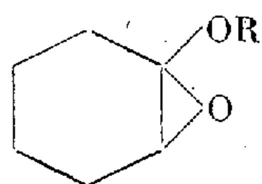
(4) Arbuzov et Mikhailova, *Chem. Abstr.*, **30**, 1936, p. 6340.

(5) Bergmann et Giérth, *Ann. Chem.*, **448**, 1920, p. 48.

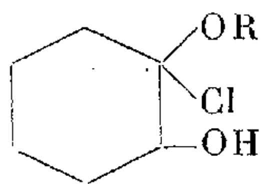
(6) Godchot et Mousseron, *Bull, Soc. Chim.*, 4e série, **51**, 1932, p. 360.

et le *t*-butylate de sodium conduisent uniquement aux esters correspondants $É_{15}$ 75° et $É_{15}$ 78-80° de (1).

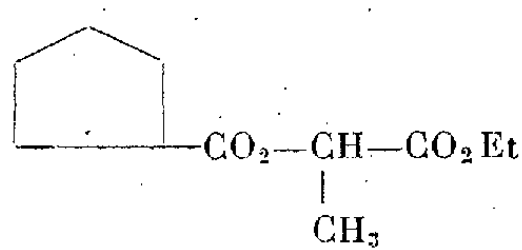
Tous les composés du type (V) décrits ci-dessus sont instables, et conduisent rapidement à (IV) avec perte de ClH.



(III).



(V).



(VI).

ÉTUDE DE LA DÉSHALOGÉNATION DE (II). — 1° *Cyclohexanolate de sodium.* — Il donne le cyclohexyloxy-1 époxy-1.2 cyclohexane [(III), $R = C_6H_{11}$] recueilli sous 15^{mm} entre 80 et 95°; d_{25}^{25} 1,001; n_D^{25} 1,4705; il se transforme à l'air en un produit solide, sublimant sans fondre sur bain de mercure vers 190-5°, qui donne lui-même (IV) très rapidement; sa réduction par l'isopropylate d'aluminium donne, à côté du cyclohexanol, le cyclohexyloxy-1 cyclohexanol-2 $É_{15}$ 120° [7]; par chauffage dans du cyclohexanol ou de la décaline, il y a isomérisation en l'ester cyclohexylique de (I) $É_{15}$ 125-7°; d_{25}^{25} 1,001; n_D^{25} 1,4715; l'action de ClH donne le produit [(V), $R = C_6H_{11}$], F 169-171° instable, conduisant à (IV).

Le méthyl-1 cyclohexanol sodé ne donne avec (II) que l'acide (I) avec un mauvais rendement.

2° *Phénate de sodium.* — Contrairement aux indications d'Ébel [8], on obtient la phénoxy-2 cyclohexanone F 65° (éther de pétrole), sem. carb. F 155-6° (CH_3OH). L'oxydation sulfochromique du phénoxy-2 cyclohexanol $É_5$ 150°, F 84° (CH_3OH), obtenu par chauffage de l'époxy-1.2 cyclohexane et du phénol en présence d'une trace de sodium [9], redonne le même produit F 65°.

3° *Éthanethiol sodé.* — Il se forme, à côté de quelques pour cent d'acide cyclopentanecarbothiolique F 100° (éther) [10], presque exclusivement l'éthylthio-2 cyclohexanone $É_{15}$ 115°; d_{25}^{25} 1,083; n_D^{25} 1,5034; sem. carb. F 166-167° (C_6H_6). Cette dernière a également été synthétisée par oxydation sulfochromique de l'éthylthio-2 cyclohexanol $É_{15}$ 115°; d_{25}^{25} 1,038; n_D^{25} 1,5080, lui-même obtenu par chauffage en tube scellé de l'époxy-1.2 cyclohexane et de l'éthanethiol en présence de charbon actif [11].

---

(7) MOUSSERON, GRANGER et MERLE, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **14**, 1947, p. 461.
(8) *Helv. Chim. Acta*, **12**, 1929, p. 3.
(9) MC KUSICK, *J. Am. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 1976.
(10) MOUSSERON et coll., *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **15**, 1948, p. 85.
(11) NENITZESCU et SCARLATESCU, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, **68**, 1935, p. 587.

4° *Thiophénol sodé.* — Il donne principalement la phénylthio-2 cyclohexanone É$_5$ 150-153°, sem. carb. F 164° (C_2H_5OH) à côté de produits polysulfurés. La même cétone a également été obtenue par oxydation sulfochromique du phénylthio-2 cyclohexanol [10].

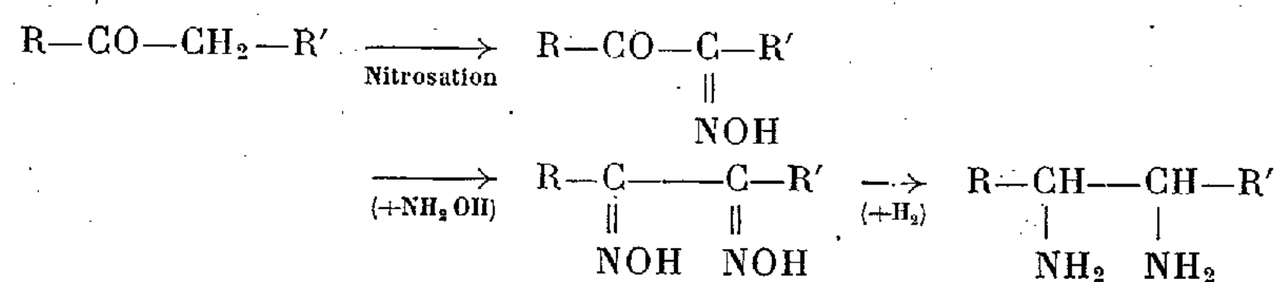
5° *Cyclohexanethiol sodé.* — On isole la cyclohexylthio-2 cyclohexanone É$_5$ 140-145°; d_{25}^{25} 1,061; n_D^{25} 1,5233; sem. carb. F 204-205° (C_6H_6).

6° *Alcoolates divers.* — Le diéthylaminoéthanol sodé [12] conduit à l'ester diéthylaminoéthylique de (I) É$_{20}$ 145°; d_{25}^{25} 0,950; n_D^{25} 1,4561.

Le lactate d'éthyle sodé donne le produit (VI) É$_{20}$ 146-147°; d_{25}^{25} 1,062; n_D^{25} 1,4432.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de diamines.* Note (*) de Mlle **Suzanne Ser**, MM. **Léon Piaux** et **Pierre Fréon**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous avons préparé quelques diamines à fonctions amines voisines, par la suite des réactions :



La nitrosation des cétones a été effectuée au moyen du nitrite d'éthyle, avec des rendements généralement compris entre 50 et 80 % ; les rendements les meilleurs sont obtenus le plus souvent avec les cétones de poids moléculaires le plus élevé.

L'oximation du groupement cétone des isonitrosocétones ainsi obtenues a été effectuée au moyen de l'hydroxylamine, avec des rendements très voisins de la théorie.

Les dioximes ont été finalement hydrogénées en solution alcoolique, en présence de nickel de Raney et à pression atmosphérique. Un léger platinage du nickel et l'addition de quelques gouttes de lessive de soude améliorent un peu le rendement en diamine, qui dépasse parfois 50 %. Dans certains cas, on n'a pas pu isoler directement les diamines après hydrogénation, par simple distillation. Nous avons alors dû passer par l'intermédiaire du sulfate, duquel la diamine a été ensuite déplacée par un excès d'alcali.

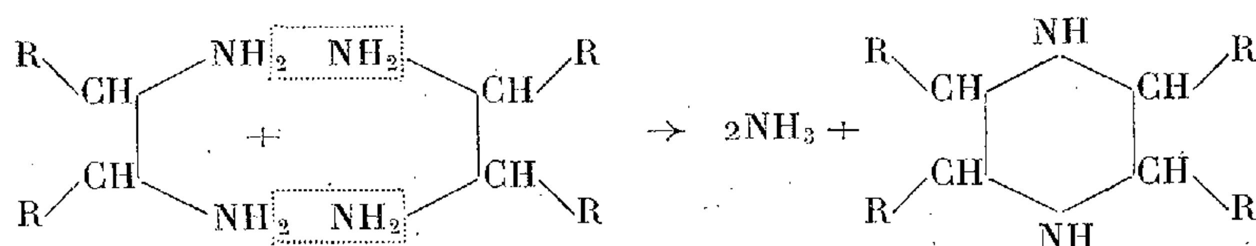
On a parfois noté une réaction secondaire avec cyclisation, due à une désamination partielle entre deux molécules de diamine, et donnant de petites

---

[12] Wood et Gardner, *J. Am. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 2741.

(*) Séance du 25 juillet 1949.

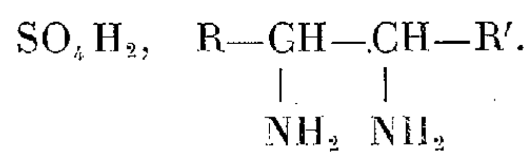
quantités de pipérazine substituées :



Enfin, une dioxime a été réfractaire jusqu'ici à toute hydrogénation en diamine : le phényl-1 dioximino-1.2 propane $C_6H_5-C(=NOH)-C(=NOH)-CH_3$. Cette dioxime, insoluble dans les solvants usuels sauf dans le dioxane, n'a pas pu être hydrogénée dans ce solvant en présence de nickel de Raney. On obtient en effet immédiatement, et de façon quantitative, le sel de nickel de cette dioxime, sous la forme d'un abondant précipité rouge vif.

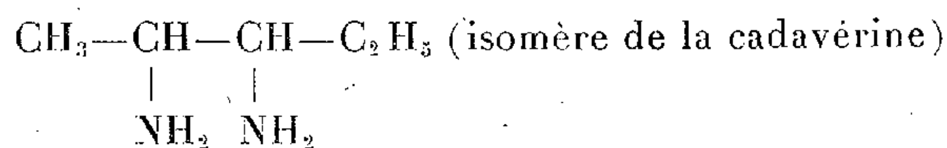
D'autres essais d'hydrogénation de cette dioxime (par le sodium et l'alcool, par le zinc et l'acide chlorhydrique et par hydrogénation électrolytique) n'ont pas permis non plus d'obtenir la diamine correspondante.

Les diamines obtenues sont des liquides d'odeur nettement aminée, distillables sous pression réduite, de préférence en atmosphère inerte. Elles donnent des sulfates de forme



Voici leurs caractéristiques :

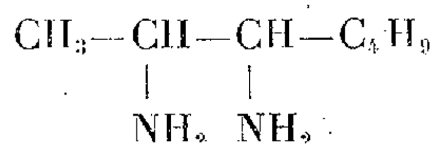
Diamino-2, 3-pentane :



É 80-89°/70mm.

Sulfate : SO_4H_2, $C_5H_{14}N_2$; 300° env.

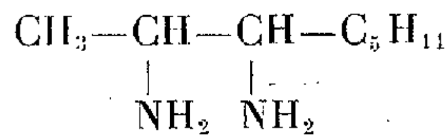
Diamino-2, 3-heptane :



É 85-89°/25mm,

Sulfate : SO_4H_2, $C_7H_{18}N_2$; F 330° env.

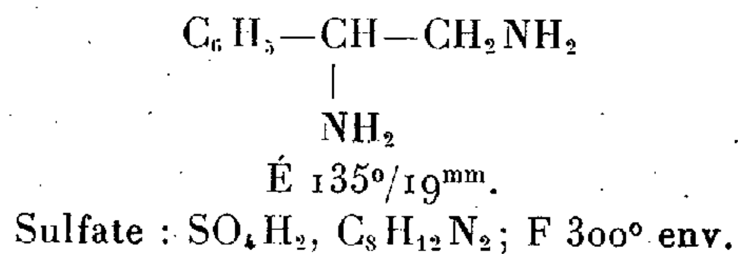
Diamino-2, 3-octane :



É 114-116°/52mm.

Sulfate : SO_4H_2, $C_8H_{20}N_2$; F au dessus de 300°.

Phényl-1 diamino-1,2-éthane :



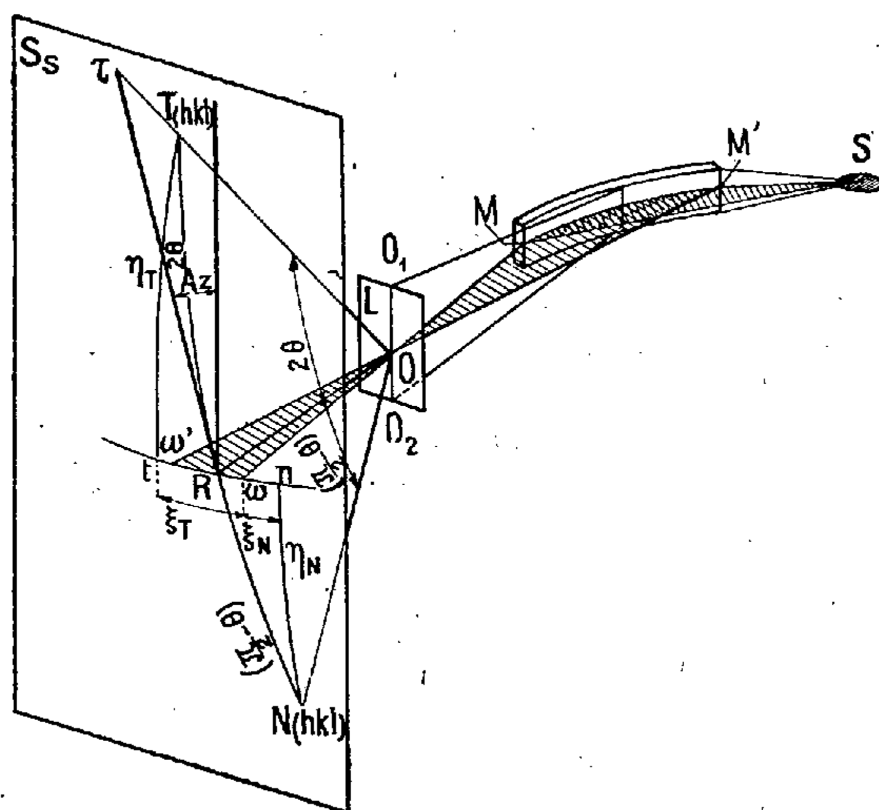
$C_6H_5-CH-CH_2NH_2$
$\quad\quad\quad|$
$\quad\quad NH_2$

É 135°/19^mm^.

Sulfate : SO_4H_2, $C_8H_{12}N_2$; F 300° env.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Monochromateur-focalisateur logarithmique : Application à l'étude de la texture et des déformations des cristaux.* Note (*) de M. **Jean Barraud**, présentée par M. Charles Mauguin.

Nous avons décrit dans une Note déjà ancienne [1] un monochromateur-focalisateur pour rayons X utilisant les propriétés d'une lame cristalline courbée suivant un cylindre logarithmique. Nous signalions la possibilité d'appliquer ce dispositif à l'étude des déformations des cristaux et les résultats obtenus dès cette époque nous avaient semblé intéressants. Nous avons eu l'occasion de les reprendre récemment et nous allons en donner un aperçu.



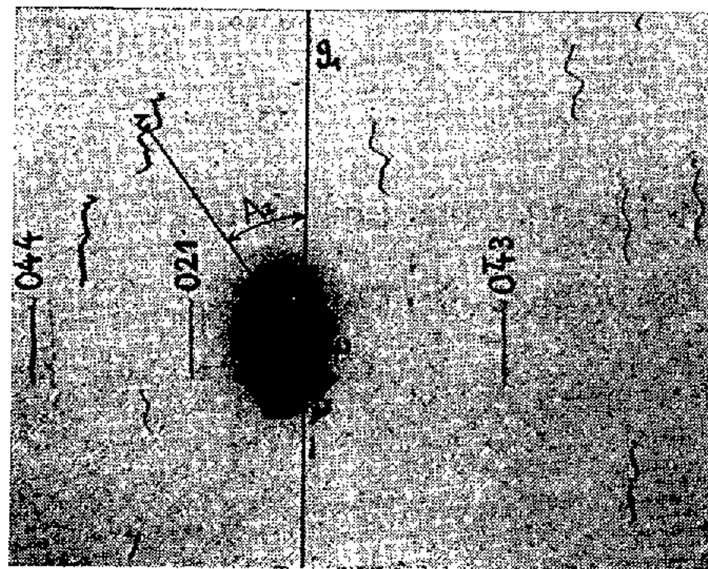


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 2 — Diagramme d'un échantillon de Mica Muscovite de qualité médiocre. L'ouverture ω O ω' du faisceau incident est de 4°,5.

Un monochromateur logarithmique MM' (*fig.* 1) donne un faisceau (Cu $K\alpha_1$) focalisé suivant la droite $O_1\ O_2$ sur la lame cristalline à étudier L.

(*) Séance du 25 juillet 1949.

(1) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 795-797. Signalons à ce propos, qu'indépendamment de ce travail qu'il ignorait du fait de l'occupation, P. M. de Wolff a réalisé un monochromateur logarithmique à monture ajustable simple et ingénieuse. Il a adjoint ce dispositif à une chambre multiple de A. Guinier (*Appl. Sc. Res.*, B., **1**, 1948, p. 119-126; et *Acta Crystallographica*, **1**, 1948, p. 207-211).

La surface sensible Ss est normale en ϖ au rayon MO ω. Un diagramme pris dans ces conditions, avec une lame de mica par exemple, montre des raies d'autant plus nombreuses que l'ouverture du faisceau est plus grande. Les raies correspondant aux plans réticulaires admettant $O_1 O_2$ pour axe de zone (raies *équatoriales*) sont parallèles à $O_1 O_2$. Les autres raies sont plus ou moins inclinées sur cette direction. Cette particularité provient de ce que les rayons issus de la source S et réfléchis par le monochromateur, sont divergents dans le plan vertical. Si le cristal est parfaitement régulier, toutes les raies sont fines et pratiquement rectilignes. Si, au contraire, le cristal présente des irrégularités de texture, des déformations, etc., les raies montrent des sinuosités qui peuvent être très accentuées, particulièrement pour les raies extra-équatoriales (*fig*. 2).

Examinons les choses d'un peu plus près, en nous limitant aux rayons incidents contenus dans le plan de section droite $MO\omega M'O\omega'$ du monochromateur. Le rayon $MO\omega$, normal à la surface sensible, sera pris comme origine. Soit ON la normale aux plans réticulaires (*hkl*), elle perce en N la sphère trigonométrique de centre O et de rayon $O\omega$. S'il se trouve dans le faisceau $\omega O \omega'$, un rayon OR faisant avec ON l'angle $(\pi/2 - \theta)$, tel que θ satisfasse à la loi de Bragg, on a un rayon réfléchi OT, tel que $\widehat{ROT} = 2\theta$, qui perce la sphère en T et la surface sensible en τ. La position de ON est fixée par la longitude $\xi_N = \widehat{\omega n}$ et la latitude $\eta_N = \widehat{\omega N}$ du point N; celle de T, par les éléments correspondants ξ_T et η_T. Les sinuosités des raies correspondent à des variations de ξ_T.

Une discussion préliminaire montre que *ces variations sont surtout sensibles aux variations* $\Delta\eta_N$ *de la* latitude *de* N.

Le calcul conduit à la formule

$$(1) \qquad \Delta\xi_T = \frac{1}{\sqrt{\dfrac{\cos^2\eta_N}{\sin^2\theta} - 1}} \left[\frac{\sin 2\eta_N}{\cos 2\theta \left[1 + \operatorname{tg}^2\theta \operatorname{tg}^2 2\theta \left(\dfrac{\cos^2\eta_N}{\sin^2\theta} - 1 \right) \right]} + \operatorname{tg}\eta_N \right] \Delta\eta_N$$

dont l'étude montre que la sensibilité est particulièrement grande pour les plans réticulaires correspondant à une petite longitude et une grande latitude de N.

Pour rendre les choses plus concrètes, voyons ce qui se passe dans le plan de la surface sensible.

La position d'une tache τ est fixée (*fig*. 2) par le rayon vecteur $\overline{\omega\tau}$ (voisin de $R\tau$) et l'azimut A_z. Soit $\Delta\tau$ l'amplitude, parallèlement à l'équateur, d'une sinuosité correspondant à une variation $\Delta\eta_N$ de la latitude de N; si l'on pose $\overline{O\omega} = l$, on déduit de la formule précédente :

$$(2) \qquad \Delta\tau \sim l\Delta\xi_T \sim \frac{l}{\cos 2\theta} \cdot \frac{\Delta\eta_N}{\operatorname{tg} A_z},$$

formule valable seulement si Az ne dépasse pas une dizaine de degrés et si le faisceau $\omega' O\omega$ n'est pas trop ouvert.

L'amplification $\Delta\xi_T/(\Delta\eta)_N$ *tend vers l'infini si* Az *tend vers zéro*. Elle garde encore une valeur notable pour des azimuts de quelques degrés : $Az = 5°$, avec $\theta = 25°$, donne une amplification de 20 environ.

Une formule analogue à (2) montre que la méthode pourrait également mettre en évidence de très faibles variations de θ et par conséquent de l'intervalle réticulaire *d*.

PÉDOLOGIE. — *Fixation du fer et du manganèse dans les sols calcaires.* Note de M. **Pierre Boischot** et Mlle **Marcelle Durroux**, présentée par M. Albert Demolon.

Lorsque les solutions du sol contenant du fer et du manganèse arrivent au contact de calcaire, ces éléments se fixent sur le carbonate de calcium.

Faisons passer 250^{cm^3} d'une solution de sulfate de fer et de sulfate de manganèse (contenant 500γ de Fe et 450γ de Mn) sur une colonne de calcaire de $2^{cm},5$ de diamètre et 18^{cm} de hauteur, nous constaterons que :

1° Rien n'est fixé dans les 6^{cm} supérieurs de la colonne.

2° Tout le fer et 3 % du manganèse sont fixés entre 6 et 12^{cm}.

3° 97 % du manganèse sont fixés dans les 6 derniers centimètres.

Le phénomène est le même dans la nature : Il nous a été donné d'observer ainsi dans une coupe de terrain reposant sur la craie près d'Amiens, une zone d'accumulation de fer (reconnaissable à sa couleur ocre) et immédiatement en dessous une zone d'accumulation de manganèse franchement noire.

Le but de cette Note est de préciser comment s'effectue la fixation de ces deux éléments sur le calcaire.

Précipitation. — Mettons en présence 100^{cm^3} d'une solution de sulfate de fer ou de manganèse contenant 0,1 ‰ de Fe ou Mn et 20^{cm^3} d'une solution de chlorure de calcium 0,03 N, faisons varier le pH avec de l'eau de chaux; les résultats suivants ont été obtenus

Fer : Précipitation totale à pH = 5,1.

Manganèse : La précipitation ne commence qu'à pH = 8,6, elle n'est pas complète et augmente lentement avec le pH :

pH	8,4	8,6	8,7	8,9	9,1
Mn précipité pour 100 introduit	0	30	32	34	49

Influence du temps de contact. — Si nous agitons 55^{cm^3} d'une solution de sulfate de fer ou de manganèse, contenant $2^{mg},72$ de Fe ou Mn par litre (soit 150γ dans la prise), avec 500^{mg} de CO_3Ca nous constatons :

Fer : Fixation totale et instantanée.

Manganèse : Temps.	5 min.	15 min.	1 h.	5 h.	24 h.
Mn fixé pour 100 introduit.....	34	42	44	57	75

Influence de la quantité de calcaire. — Dans les mêmes conditions (55cm³ de solution contenant 150γ Mn ou Fe) nous avons fait varier la quantité de CO_3Ca :

Fer : La totalité du fer est précipité avec 100mmg de CO_3Ca et au-dessus.

Manganèse : mg. de CO_3Ca...	100	200	500	1000	1500	2000
Mn fixé pour 100 introduit......	14,6	25,3	43,3	73,3	83,3	93,3
Mn fixé par gr. de CO_3Ca..	220	190	130	110	83	70

Influence de la concentration. — Mêmes conditions mais en laissant le temps fixe (1/2 heure) et en faisant varier la concentration :

Fer : Précipitation totale pour toutes les concentrations.

Manganèse : Mn introduit dans 55cm³........	75	100	125	150	200	300
Mn fixé en γ..................	37	44	54	62	80	136
Reste en solution (γ par litre)...	69	101	129	160	216	334

En portant en abscisse les concentrations finales et en ordonnées le Mn fixé, on obtient une courbe d'adsorption.

Mélange Fe *et* Mn. — Lorsque l'on précipite un mélange de sels de fer et de manganèse en solution, le précipité de fer entraîne mécaniquement une certaine quantité de manganèse.

Ainsi, en amenant à pH = 6 une solution contenant 450γ Mn et 520γ Fe on obtient un précipité contenant tout le fer et 45γ de manganèse.

Conclusions. — 1° Le fer se fixe sur le calcaire par une véritable précipitation chimique lorsque le pH du milieu est supérieur à 5,1 ;

2° S'il se trouve du manganèse dans la solution, une petite partie est entraînée par le précipité de fer ; ceci explique que l'on rencontre presque toujours du manganèse dans les zones d'accumulation du fer ;

3° Le manganèse est fixé sur le calcaire par un phénomène d'adsorption à partir de pH = 8,6, c'est ce qui explique que les zones d'accumulations du manganèse sont plus profondes que celles du fer ;

4° La fixation par adsorption de Mn sur le calcaire, fonction du temps et de la quantité de CO_3Ca, indique pourquoi les maladies de carence dues au blocage de Mn dans les sols acides chaulés, mettent un certain temps à se manifester.

MYCOLOGIE. — *Contribution à l'étude de la sporulation chez les microorganismes.* Note de MM. **Maurice Langeron** et **Philippe-Jacques Luteraan**, présentée par M. Roger Heim.

Des publications récentes montrent que, pour obtenir la sporulation de microorganismes et en particulier des levures, on a encore recours à des milieux dits pauvres, au vieillissement des cultures, au procédé du bloc de plâtre. Après prélèvement et étalement en frottis, on colore les spores suivant des techniques dérivées de celle de Mœller.

Cette manière de procéder présente les inconvénients suivants :

1° Elle ne permet pas de déterminer le mode de formation des spores *in situ* ;

2° Dans les vieilles cultures les cellules mortes sont nombreuses; les cellules âgées, modifiées et déformées, prennent mal une coloration que l'on voudrait élective;

3° Chez les levures, la technique de Mœller ne produit un résultat certain que pour les ascospores de *Saccharomyces*.

La méthode proposée est celle des cultures sur lames gélosées [1] telle que nous la pratiquons pour l'étude de la morphologie des levures et de leur filamentisation [2]. Un épuisement rapide du milieu nutritif étalé en couche mince et uniforme à la surface de la lame est l'un des facteurs qui provoquent une sporulation rapide et abondante chez les bactéries et les levures; il n'est pas nécessaire de recourir à un milieu pauvre ou à une culture prolongée; si la température est convenable et l'atmosphère suffisamment humide, on obtient en 8 à 20 jours le résultat escompté.

La lame retirée et séchée à l'étuve est colorée sans fixation préalable. On s'abstient d'employer des colorants basiques; ils sont fortement adsorbés par la gélose. On utilise des colorants acides [3] [4] transparents, ne tachant pas la préparation, faciles à préparer et de conservation indéfinie. Nous préconisons la technique suivante : colorer dix minutes ou davantage à l'érythrosine phéniquée de Winogradsky, enlever par l'alcool l'excès de colorant, laver rapidement à l'eau, puis faire agir le bleu trypan préparé suivant la formule de Maneval [4] jusqu'à teinte bleue ou bleue violacée, différencier à l'alcool orange G, déshydrater et monter au baume.

Les ascospores rose vif font contraste avec les cellules végétatives bleues ou bleues violacées et ceci chez toutes les levures étudiées y compris les *Debaryomyces* aux ascospores si petites, *Schizosaccharomyces octosporus* dont les ascospores n'avaient pu être mises en évidence par les colorants basiques.

---

(1) Rivalier et Seydell, *Ann. de parasit.*, 10, 1932, p. 444-452.

(2) Langeron et Guerra, *Ann. de parasit.*, 16, 1938, p. 445.

(3) Langeron, *Précis de microscopie*, 1949, 7e éd., Paris.

(4) Langeron et Luteraan, *Ann. de parasit.*, 22, 1947, p. 254-275.

L'étude de la formation des ascospores *in situ* rendue aisée par cette méthode nous a permis de faire les observations ci-dessous :

1° *Les asques sont presque toujours parthénogénétiques dans les conditions expérimentales énoncées.* Ils se constituent dans le sein d'une cellule végétative banale *ou d'un article pseudo-mycélien.* Ce dernier processus a déjà été reconnu par Langeron et Guerra; depuis nous avons constaté la formation d'asques dans les filaments chez *Hansenula anomala, Pichia membranæfaciens, Zygopichia farinosa.* Cet aspect inusité de la disposition topographique des ascospores, dans des articles pseudo-mycéliens, permet de reconnaître immédiatement ces espèces; nous ne l'avons pas observé au cours de la filamentisation souvent si caractéristique de divers *Debaryomyces* ([5]) ou *Saccharomyces.*

2° *Les ascospores, surtout lorsqu'elles sont parthénogénétiques, peuvent être considérées comme des chlamydospores fonctionnelles;* elles présentent les mêmes caractères d'acidophilie (colorants acides), d'alcoolo- et d'acido-résistance que les chlamydospores véritables. On ne peut interpréter autrement la formation isolée d'ascospore unique chez les *Debaryomyces.* D'ailleurs *Candida albicans* et *Torulopsis pulcherrima* produisant des chlamydospores véritables sont anascosporées. Une de ces formations paraît être exclusive de l'autre chez les levures.

3° On remarque assez fréquemment un certain état d'acidophilie chez des cellules végétatives; mais ni par leur teinte, ni par leur forme et leurs dimensions elles ne prêtent à confusion avec les ascospores qui ont toutes la même forme et pratiquement les mêmes dimensions avec une disposition topographique souvent caractéristique; d'ailleurs en renforçant l'action du colorant secondaire, cette acidophilie se trouve masquée sans nuire à la coloration élective en rose vif des ascospores. L'acidophilie cellulaire semble augmenter dans les conditions de milieu et de culture qui favorisent la lipogénèse ([6]).

4° Ces mêmes conditions ont une influence sur le nombre, la forme et les dimensions des ascospores. Par exemple *Hansenula Saturnus* produit sur milieu à la tyrosine-glucose une quantité extraordinairement abondante d'asques où les ascospores, groupées par deux et de forme caractéristique, sont de très grande dimension.

5° Enfin la méthode proposée : cultures sur lames et coloration à l'érythrosine-bleu trypan, donne toute certitude quant à la formation ou non d'ascospores par les levures d'après les très nombreux résultats déjà obtenus. Les quelques essais faits avec des bactéries (*Bacillus subtilis, B. anthracis*) laissent supposer que cette méthode pourrait être plus largement appliquée en microbiologie générale.

([5]) Langeron et Luteraan, *Ann. de parasit.*, 24, 1949, p. 190-191.

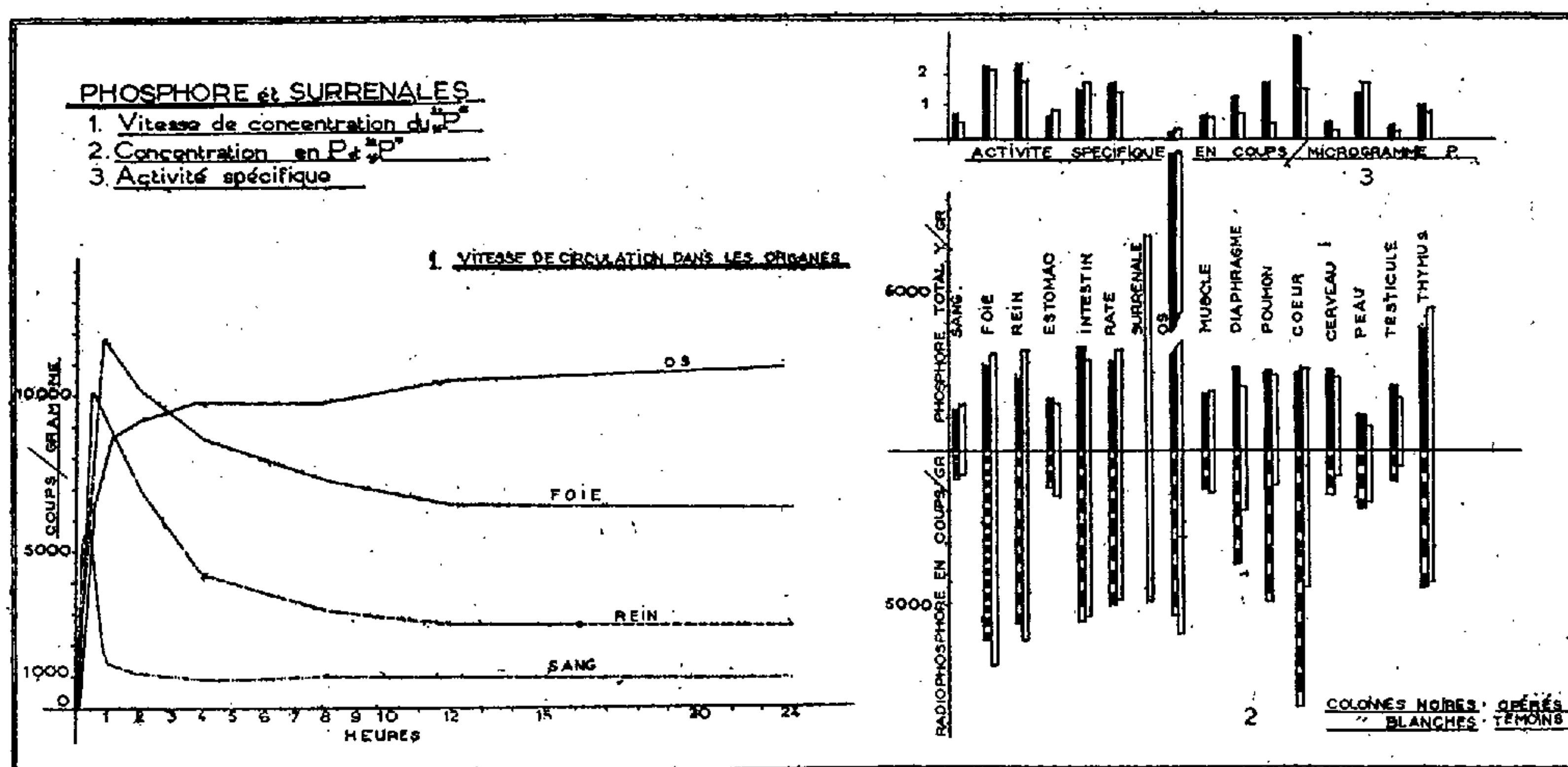
([6]) Langeron et Guerra, *Ann. de parasit.*, 18, 1941, p. 95-111.

BIOLOGIE. — *Influence de la surrénalectomie sur la répartition du radiophosphore dans différents organes du Rat.* Note (*) de MM. **Joseph Sternberg** et **Henri Le Bars**, présentée par M. Robert Courrier.

Le mécanisme de l'intervention des surrénales dans la phosphorylation musculaire des glucides est l'objet de nombreuses discussions. Suivant Verzar et ses collaborateurs ([1]) la surrénalectomie modifierait la phosphorylation glucidique (et surtout celle des lipides) au niveau de l'intestin. Les travaux de Schumann ([2]) ([3]) tendent plutôt à prouver la localisation musculaire de ce phénomène, qui modifierait le taux de l'hexose diphosphate, tout en laissant inchangé le phosphagène et l'acide adénosine triphosphorique.

Les travaux devenus classiques de Meyerhof ([4]) ont montré l'avantage de l'emploi du radiophosphore pour l'étude de ce problème.

Nous avons d'abord recherché si l'ablation des surrénales modifie la répartition du radiophosphore dans les différents organes.



Le $^{32}_{15}P^*$ a été employé sous forme de solution de $^{32}_{15}P^*O_4Na_2H$, administrée par voie sous-cutanée. Les animaux, rats mâles de 100g ont été surrénalectomisés d'après la technique de Peiper ([5]). Dans cette série d'expériences, le traitement a été pratiqué 48 heures après l'opération, alors que les animaux ne

(*) Séance du 18 juillet 1949.

([1]) F. Verzar et V. Wenner, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 29, 1947, p. 304.

([2]) H Schumann, *Pfluger's Archiv.*, 243, 1940, p. 686.

([3]) H. Schumann, *Klin. Wochenschr.*, 27, 1940, p. 1064.

([4]) O. Meyerhof, *Biochem. Z.*, 298, 1938, p. 396.

([5]) L. Peiper et Chr. Bomskow, *Methodik der Hormonforschung*, 1, Leipzig, 1937, p. 614.

montraient aucun signe visible d'insuffisance surrénalienne. Dans les conditions de notre expérience, les témoins surrénalectomisés meurent dans un délai de 5-7 jours.

Nous avons étudié : 1° la vitesse de répartition du ${}^{32}_{15}P^*$ en fonction du temps; 2° le taux du ${}^{32}_{15}P^*$ dans les différents organes, 48 heures après l'injection.

Résultats expérimentaux. — 1. *Vitesse de circulation et de répartition.* — La vitesse de circulation du radiophosphore est sensiblement égale chez le surrénalectomisé et chez le témoin. La radioactivité apparaît d'abord dans le sang, puis dans les viscères, les muscles et enfin dans l'os.

Le maximum de radioactivité est atteint dans un délai compris entre 60 et 120 minutes. Ce délai est plus court pour le sang et le rein (30 minutes), il se prolonge au delà de 48 heures pour l'os.

La décroissance de la courbe de radioactivité présente un aspect particulier. L'équilibre est atteint dans le sang une heure après l'injection, dans les autres organes il se produit entre 4 et 6 heures; la courbe est encore légèrement ascendante dans l'os, 48 heures après l'injection.

2. *Concentration du radiophosphore dans différents organes.* — La concentration du ${}^{32}_{15}P^*$ ne s'effectue pas de la même manière chez l'animal opéré et chez le témoin. Dans certains cas (muscles, os, sang) la concentration est la même dans les deux séries d'animaux, dans d'autres (cerveau, testicule, foie, rate) l'accroissement est net, mais faible. Par contre, dans le poumon, le diaphragme et le cœur l'augmentation est considérable, respectivement 510 %, 450 % et 360 %.

Comme la concentration en élément marqué ne représente que le degré d'utilisation du phosphore exogène par les organes, il est indispensable d'établir le rapport entre le taux du phosphore total et sa concentration en radiophosphore (activité spécifique).

Dans notre expérience, le taux du P total des organes est le même chez les témoins et les surrénalectomisés : 2000-3000 microgrammes par gramme de tissu frais, exception faite pour l'os (35-40^{mg} par gramme).

L'activité spécifique s'échelonne, pour l'animal auquel on a administré une dose moyenne de 1 000 000 coups/minute, entre 3,3 coups par microgramme de P pour le cœur, et 0,2 coup par microgramme de P pour l'os, la valeur moyenne étant de 1,3 coup/microgramme de P.

Ce rapport ne présente pas de différence sensible entre les opérés et les témoins, sauf pour le poumon et le cœur, organes dans lesquels on trouve un écart analogue à celui constaté pour les concentrations absolues en ${}^{32}_{15}P^*$. Les autres organes, bien que pouvant présenter des variations notables en ${}^{32}_{15}P^*$, ne diffèrent pas en ce qui concerne l'activité spécifique.

Ces expériences mettent en évidence l'augmentation de la concentration en ${}^{32}_{15}P^*$ du cœur, du diaphragme et du poumon de l'animal privé de surrénales. Cette augmentation ne traduit pas un accroissement du taux phosphoré total,

mais une utilisation plus grande du phosphore exogène par ces organes. Nous ne sommes pas encore en état de préciser la forme sous laquelle est utilisée ce phosphore exogène.

Conclusions. — 1° La vitesse de circulation et de répartition du $^{32}_{15}P^*$ dans les organes du rat surrénalectomisé (l'élément marqué étant administré 48 heures après l'opération) ne diffère pas de celle constatée chez le témoin.

2° Le muscle de l'animal surrénalectomisé depuis 48 heures ne présente pas de variations notables dans la concentration du phosphore et du radiophosphore par rapport au témoin.

3° Le taux du P total du poumon et du cœur de l'animal opéré est le même que chez le témoin, mais la concentration en $^{32}_{15}P^*$ et l'activité spécifique sont sensiblement augmentées.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'existence d'un facteur inhibant l'apparition des formes sexuées chez les Aphidinæ.* Note (*) de M. **Lucien Bonnemaison**, présentée par M. Pierre P. Grassé.

On obtient facilement des formes sexuées de *Brevicoryne brassicæ* L. et de *Myzus persicæ* Sulz. en élevant, à une température inférieure à 22°, des virginipares aptères récoltés en plein air dans le courant de l'été et en les exposant à une lumière naturelle ou artificielle pendant 8 à 12 heures par jour; les mâles et les femelles apparaissent de une à trois générations après le début de l'expérience ([1]). Il semblait donc possible d'obtenir le cycle évolutif complet des Pucerons en un nombre très réduit de générations par l'élevage de la fondatrice et de ses descendants dans ces conditions particulières de milieu.

L'éclosion d'un œuf d'hiver de *B. brassicæ* a pu être obtenue dès le 24 janvier 1949; la fondatrice, adulte le 7 février, a engendré exclusivement des *fundatrigeniæ apteræ* (1re génération). Deux lignées ont été constituées; l'une l'a été en prenant comme géniteurs, pour cette génération et les suivantes, les larves produites au début de la période de reproduction afin d'obtenir le plus grand nombre possible de générations (lignée accélérée); l'autre a été constituée avec les dernières larves engendrées par chaque puceron (lignée retardée).

L'expérience a été réalisée, au début avec la lumière naturelle complétée par la lumière d'une lampe à fluorescence de manière que la durée totale de l'éclairement fût de 12 heures par jour, et uniquement à la lumière naturelle à dater du 9 mars. Des mâles sont apparus à la cinquième génération de la lignée retardée et à la septième génération de la lignée accélérée, mais, dans les deux cas, les premiers mâles sont nés le 28 avril.

Des virginipares aptères de la quatrième génération accélérée, ont été mis en élevage dès la mue imaginale (1er avril) à la lumière naturelle réduite à une

(*) Séance du 25 juillet 1949.

([1]) L. Bonnemaison, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2093.

durée de 8 et de 10 heures; il a été noté dans leur descendance des virginipares aptères, des sexupares aptères et ailés et enfin des mâles qui sont nés dès le 9 avril. Les sexupares ailés ont engendré une forte proportion de femelles sexuées et les sexupares aptères un pourcentage élevé de mâles et de femelles sexuées.

Des expériences analogues ont été réalisées avec *Myzus persicæ*; une fondatrice adulte a été récoltée sur un Pêcher le 20 avril; elle a produit exclusivement des *fundatrigeniæ apteræ* qui ont donné naissance à quelques virginipares aptères et à un grand nombre de *fundatrigeniæ alatæ*; l'un de ces derniers fut élevé sur le Chou à la lumière naturelle réduite à 10 heures par jour; il engendra 37 aptères. Un de ces aptères, élevé dans les mêmes conditions, produisit (4e génération) 19 aptères, 35 virginipares ailés et 4 sexupares ailés. Les premiers individus sexués sont donc apparus à la cinquième génération pour *Myzus persicæ* comme pour *B. brassicæ*.

Des élevages de ces deux espèces réalisés à la lumière naturelle, mais avec des lignées issues de fondatrices écloses au printemps de l'année 1948, ont montré que les mâles et les femelles apparaissaient depuis le mois de septembre jusqu'au mois de juin. Les descendants des fondatrices de *B. brassicæ* et de *M. persicæ* écloses en 1949 étant placés dans des conditions très favorables à la production des formes sexuées auraient dû en conséquence donner très rapidement naissance à des formes sexuées. Nous avons vu que celles-ci n'étaient observées qu'à la cinquième génération dans la lignée retardée et à la septième dans la lignée accélérée, ce qui semblerait démontrer que quatre générations doivent se succéder avant l'apparition des sexupares. Il est plus vraisemblable qu'un certain temps soit nécessaire entre la mue imaginale de la fondatrice et la naissance des sexupares; ceci paraît prouvé par le fait que les premiers mâles de *B. brassicæ* naissent à la même date dans la lignée accélérée que dans la lignée retardée, soit 67 jours après la mue imaginale de la fondatrice; ce temps a pu être réduit à 48 jours par l'élevage des Pucerons de la quatrième génération accélérée dans des conditions particulièrement favorables à la production des formes sexuées.

L'impossibilité d'obtenir rapidement des formes sexuées dans la descendance des fondatrices est peut-être d'origine hormonale, une hormone inhibitrice existant en quantité maximum chez la fondatrice et diminuant progressivement avec le temps et les générations; cette hypothèse se justifie par le décompte du pourcentage de mâles et de femelles dans les lignées de *B. brassicæ* élevées à une lumière naturelle réduite à 10 et à 8 heures.

	10 heures de lumière naturelle (%).			8 heures de lumière naturelle (%).		
Générations.	Total de sexués.	Mâles.	Femelles.	Total de sexués.	Mâles.	Femelles.
5e..........	6,1	6,1	0	3,0	3,0	0
6e..........	54,4	17,4	37,0	69,7	25,3	44,4
7e..........	100,0	13,2	86,8	89,4	25,8	63,6

Les formes sexupares pourraient donc apparaître dans la nature dès que l'hormone inhibitrice aurait cessé d'exercer son action et que les conditions écologiques le permettraient. Il serait ainsi possible d'expliquer la production des sexupares dans les cas où l'action directe de la lumière ne peut être invoquée (Aphides radicicoles, par exemple).

SÉROLOGIE. — *Le sérum sanguin et les ferments gélifiants.*
Note de M. **Wladislas Kopaczewski**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

Nous avons décrit en 1934 le phénomène de la gélification, transparente et réversible (chaleur, dialyse, concentrations, etc.), du sérum sanguin par diverses substances chimiques (acides, bases et ions polyvalents). Nous avons démontré que cette gélification est due aux fractions globuliniques du sérum. L'étude de ce phénomène a été reprise par Donnelly (1935), Jirgensons (1936), Serenyi (1938), Glass (1940), Waldenstroem (1945) et par Barbu et Machebœuf (1948). Ils ont confirmé toutes les données établies par nous, en y apportant quelques précisions de détail.

Le problème des relations entre cette gélification et l'action des ferments gélifiants (*coagulases*) n'a pas encore été posé.

Or, au cours de nos recherches sur la gélification des divers biocolloïdes complexes, nous avons constaté que le travail de ces ferments est loin d'être spécifique, contrairement aux opinions régnantes ([1]). Nous avons étudié d'une part, l'action de la *pectase*, de la *thrombase*, de la *caséase* et du latex, sur la gélification du sérum sanguin de Cheval par l'acide lactique ou par la pyridine et, d'autre part, sur le sérum pur.

Technique expérimentale. — Nous avons utilisé le sérum de Cheval fréquemment saigné, conservé pendant un an dans une ampoule scellée. Le latex fut récolté par coupes successives des tiges d'*Euphorbia dendroïdes*. La *caséase* a été préparée par macération durant 40 heures à 20°C de 10^g de caillettes de Veau dans 100^{cm^3} d'eau distillée et filtration. La *pectase* fut obtenue par pression des feuilles fraîches de luzerne, additionnées de quelques gouttes de toluène et immédiatement employée. La *thrombase* en poudre (Laboratoires Roussel) fut dispersée dans l'eau distillée à la concentration de 10 %.

On ajoutait au sérum les réactifs en question, puis, après l'agitation (dix renversements), on introduisait, goutte à goutte, de l'acide lactique (Codex français; densité = 1.240 à 15°C); après une nouvelle agitation on notait le temps nécessaire à la prise en masse. Voici les caractères physico-chimiques à 20°C des ferments utilisés.

([1]) *C. R. Soc. sc. nat. Maroc*, 19 janvier et 30 mars 1943.

Caractères physico-chimiques.	Latex.	Extrait de luzerne.	Extrait de caillettes.	Thrombase en dispersion de 10 %.
Densité	1,039	1,022	1,013	1,013
Tension superficielle en dynes/cm	32,6	52,2	53,8	68,5
Viscosité spécifique	4,47	1,03	1,29	1,02
Conductibilité électrique	94,5	8,4	42,0	4,6
pH (colorimétrique)	4,8	4,3	4,9	4,2

Résultats expérimentaux. — Toutes ces préparations, sauf le latex, n'exercent aucune action gélifiante sur le sérum pur, même au bout de 45 jours d'observation; par contre, le latex, en concentration de $0^{cm^3},1$ pour 2^{cm^3} de sérum, donne un coagel sans prise en masse; les concentrations supérieures n'ont aucun effet; le latex bouilli provoque une légère floculation.

Il n'en est pas de même lorsqu'on ajoute les *coagulases* en question aux mélanges du sérum avec de l'acide lactique ou avec de la pyridine :

2^{cm^3} sérum de Cheval	$+0,5^{cm^3}$	H_2O	$+0,25^{cm^3}$	Pyridine pure	Gel en	35 minutes
»	+0,5	Extrait de caillettes de Veau	+	»	»	3 »
»	+0,25	H_2O	+0,2	Acide lactique	»	220 »
»	+0,25	Extrait de caillettes de Veau	+	»	»	100 »
»	+0,25	Extrait de luzerne	+	»	»	285 »
»	+0,25	Thrombase à 5%	+	»	»	350 »

On constate, par conséquent, que seul l'extrait de caillettes de Veau accélère la gélification du sérum par l'acide lactique ou par la pyridine, les autres agents la retardent assez fortement. Cette accélération est, toutefois, beaucoup plus faible avec certaines présures commerciales solides; nous étudierons la cause de cette différence en examinant l'action des ferments gélifiants sur le lait.

Notons, enfin, que le retard apporté par la *thrombase* commerciale à la lactogélification du sérum sanguin est accrue lorsque les doses augmentent : avec la dose 4 fois plus forte ce retard atteint plusieurs jours.

Conclusions. — La lactogélification du sérum sanguin est accélérée par l'extrait de caillettes de Veau; elle est nettement retardée par les autres ferments gélifiants, tels que la *pectase* et la *thrombase*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse biologique du coenzyme de la diastase acétylante (coenzyme A) par l'intestin du Lapin à partir de pantothénate et de glutamate, sous l'influence de la thyroxine.* Note (*) de MM. **Bruno Minz**, **Georges-N. Cohen** et Mme **Germaine Cohen-Bazire**, transmise par M. Maurice Javillier.

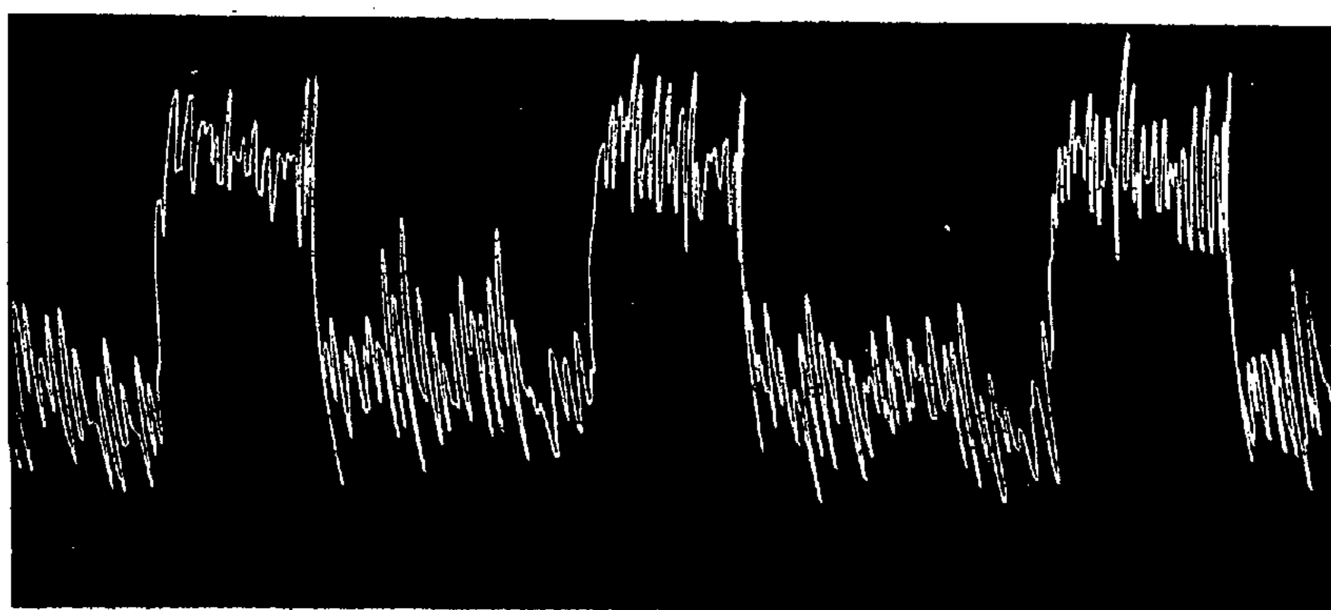
Nous avons montré [1] que les suspensions lavées de *Clostridium saccharobutyricum* GR_4 sont capables de réaliser la synthèse du coenzyme A à partir

(*) Séance du 25 juillet 1949.

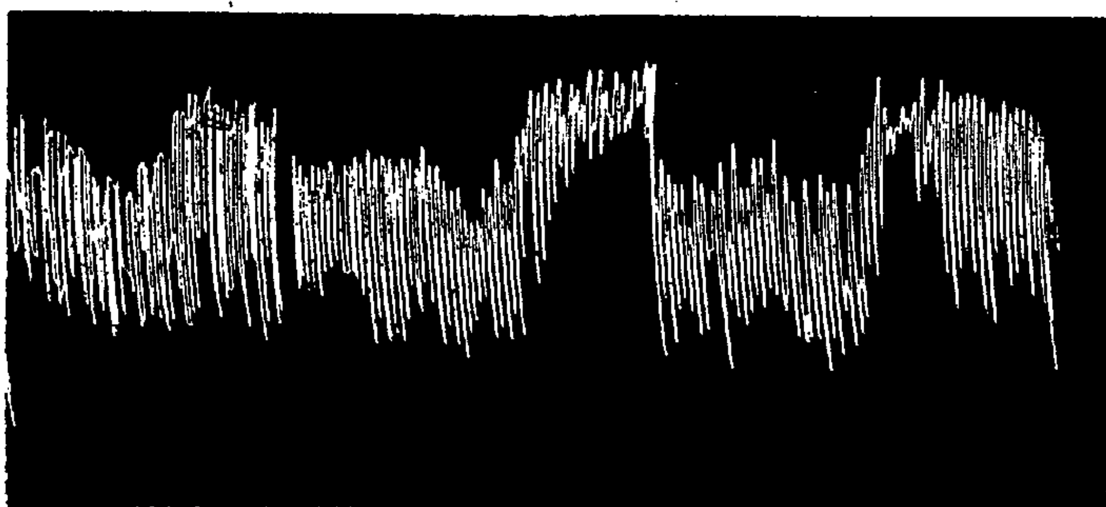
(1) G.-N. Cohen, G. Cohen-Bazire et B. Minz, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 260.

de pantothénate et de glutamate. Nous avions vu précédemment ([2]) que l'intestin du Lapin normal et l'intestin thyroxiné du Lapin éthyroïdé sont capables de former du coenzyme A à partir de pantothénate. L'intestin du Lapin éthyroïdé en est incapable.

Ces faits suggèrent que l'intestin du Lapin éthyroïdé possède des réserves de pantothénate et de glutamate libres et que la synthèse du coenzyme A à partir



a b c



a b c

En haut, intestin d'un lapin éthyroïdé. Actions du couple adrénaline-choline (concentrations finales dans le Tyrode : pour l'adrénaline, $2{,}5 \times 10^{-8}$ M; pour la choline, 8×10^{-5} M). *a*, seul; *b*, en présence de pantothénate (2×10^{-5} M); *c*, en présence de glutamate (2×10^{-4} M).
En bas, même fragment d'intestin thyroxiné. Actions du couple adrénaline-choline (conc. fin. dans le tyrode : pour l'adrénaline, $2{,}5 \times 10^{-8}$ M; pour la choline, 4×10^{-5} M). *a*, seul; *b*, en présence de pantothénate (2×10^{-5} M); *c*, en présence de glutamate (2×10^{-4} M).

de ces constituants est réalisée sous l'influence de la thyroxine. S'il en est ainsi, le glutamate doit être sans action sur la synthèse de l'acétylcholine par l'intestin de l'animal éthyroïdé. Par contre, il doit produire sur l'intestin de l'animal normal et sur celui de l'animal thyroxiné, les mêmes effets que le pantothénate.

([2]) B. Minz et G.-N. Cohen, *C. R. Soc. Biol.*, séance du 25 juin 1940 (sous presse).

Nous avons essayé tout d'abord sur l'intestin de l'animal normal l'action d'une série d'amino-acides sur la synthèse d'acétylcholine réalisée par des doses-seuils du couple adrénaline-choline. Le glutamate produit sur cet intestin une forte augmentation de la synthèse d'acétylcholine. Les amino-acides suivants se sont montrés par contre inefficaces : glycine, alanine, valine, leucine, isoleucine; acide aspartique; tyrosine, dioxyphénylalanine, thyroxine, histidine; méthionine, cystéine. Sur l'intestin normal, c'est-à-dire sur un organe dont le taux d'imprégnation par la thyroxine est inconnu, l'action du glutamate est encore très nette pour des concentrations finales dans le Tyrode de 2.10^{-5} M. Après action du glutamate, on assiste souvent à une sensibilisation de l'organe à l'action du couple adrénaline-choline, comme s'il était chargé en coenzyme A.

La figure montre que sur l'intestin de l'animal éthyroïdé, le glutamate ne provoque pas de synthèse d'acétylcholine sous l'influence du couple adrénaline-choline, lui-même inactif. Après contact d'une heure du même fragment d'intestin avec du tyrode thyroxiné, le glutamate provoque un renforcement de l'action du couple adrénaline-choline, action que nous avions déjà constatée pour le pantothénate.

Ces faits, ainsi que ceux qui ont trait à la synthèse du coenzyme A par *Cl. saccharobutyricum*, prouvent que l'acide glutamique fait bien partie de la molécule du coenzyme A. En outre, ils indiquent que l'action de la thyroxine sur la synthèse de ce coenzyme au niveau de l'intestin joue sur la condensation, de nature encore indéterminée, du pantothénate et du glutamate.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Activité cytochromoxydasique chez l'Épinard.* Note (*) de MM. **Albert Jean Rosenberg** et **Gaston Ducet**, transmise par M. Maurice Javillier.

Les systèmes enzymatiques de la respiration des végétaux supérieurs sont peu connus. On continue à considérer les polyphénoloxydases comme les systèmes oxydasiques terminaux des plantes. Récemment encore, Bonner (1) a écrit que la respiration terminale des épinards passe par une polyphénol-oxydase localisée dans le cytoplasme. Il nous a paru utile d'étudier les systèmes respiratoires des végétaux supérieurs et de rechercher leur activité cyto-chromoxydasique. Nous avons expérimenté sur l'Épinard à différents stades de sa croissance. Disons tout de suite que, contrairement à l'opinion de Bonner, l'Épinard possède une cytochromoxydase en plus d'une polyphénoloxydase.

Pour distinguer les deux enzymes, nous avons étudié : 1° l'action de fragments et de broyats de feuilles sur la paraphénylènediamine (PPD)

(*) Séance du 25 juillet 1949.

(1) *Arch. Bioch.*, **10**, 1946, p. 497.

et sur le catéchol; 2° l'influence sur l'absorption d'oxygène de l'addition de cytochrome C à PPD; 3° l'action des deux inhibiteurs : le diéthyldithiocarbamate de sodium (DDC), inhibiteur spécifique des enzymes à cuivre sans action sur la cytochromoxydase, et l'azoture de sodium (NaN_3) inhibiteur puissant de la cytochromoxydase; 4° la localisation des deux enzymes.

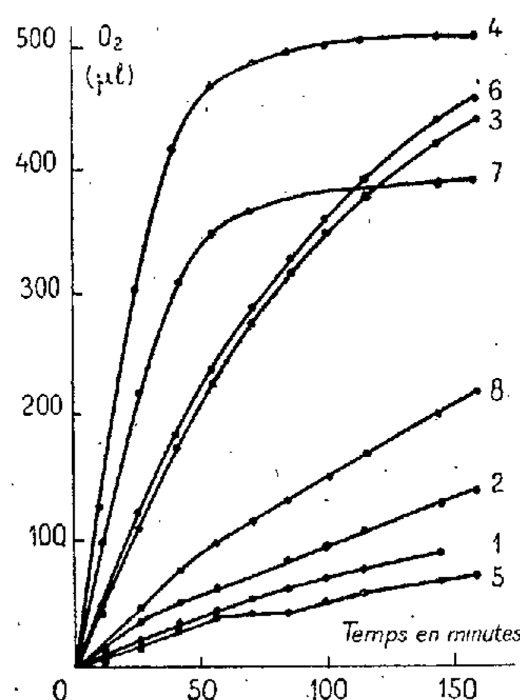
Nous préparons des fragments circulaires (disques) de feuilles de 12^{mm^2} à l'aide d'un perce-bouchon. On fait pénétrer les solutions dans les disques à l'aide du vide. Nous préparons les broyats par écrasement des feuilles en présence d'un égal volume d'eau avec un Waring Blendor ou l'homogénéiseur de Potter (trois minutes), puis par expression de la pulpe à travers un tissu serré et filtration sur coton. Pour préparer les chloroplastes, on centrifuge ces liquides à 2°C, à grande vitesse ($25\,000^g$) pendant 20 minutes. Les chloroplastes sont mis en suspension dans un volume d'eau égal au volume du liquide cytosplasmique surnageant. Le cytochrome C que nous utilisons est extrait du cœur de Cheval. Les expériences sont faites dans l'appareil de Warburg.

L'absorption d'oxygène des disques sans substrat est égale à celle de ceux-ci + PPD ou + PPD + cytochrome C. Avec le catéchol, l'absorption d'oxygène dépasse, dans les premières 60 minutes, celle des disques seuls, puis elle diminue et lui devient inférieure. Par lavage prolongé des feuilles ou par conservation à la glacière, la respiration endogène peut diminuer de moitié, mais ces traitements ne changent pas la consommation d'oxygène en présence de substrat. L'addition de DDC au catéchol ou au PPD provoque une inhibition au début, puis la consommation d'O_2 remonte par la suite. L'azoture de sodium inhibe fortement dans les deux cas. Ces actions se retrouvent quand on fait agir les inhibiteurs sur les disques en absence de substrat.

La figure montre les résultats avec le broyat. Le cathéchol provoque une absorption rapide d'oxygène (courbe 4) et l'addition du cytochrome C n'a aucun effet sur l'allure de la courbe. Avec le PPD l'absorption d'oxygène est légèrement augmentée par rapport au broyat seul (courbes 1 et 2). En présence simultanée de PPD et de cytochrome C, l'absorption d'oxygène est quadruplée et atteint celle du catéchol (courbe 3). En présence de l'azoture de sodium, l'absorption d'oxygène avec le catéchol diminue de 25 % en 1 heure (courbe 7), tandis que l'inhibition par le DDC est de 80 % dans le même temps (courbe 8). Pour ce dernier corps, l'inhibition devient plus faible dans la deuxième heure. Dans le cas de PPD + cytochrome C, l'azoture de sodium inhibe 100 % de l'absorption d'oxygène (courbe 5); en revanche, le DDC n'a aucune action inhibitrice (courbe 6) et exalte même légèrement, comme nous l'avons constaté dans d'autres essais. Keilin et Hartree ([2]) ont signalé une action sem-

([2]) *Proc. Roy. Soc.* (B), 129, 1940, p. 277.

blable du DDC sur la cytochromoxydase du cœur et l'explique par une oxydation du DDC.



Courbe (1) : 2 cm³ de broyat (poids sec 40 mg); courbe (2) : comme (1) + 0,2 cc PPD M/10; courbe (3) : comme (2) + 0,2 cc cyt. C (8 %); courbe (4) : comme (1) + 0,2 cc catéchol M/10; courbe (5) : comme (3) + M/250 Na N_3 (conc. finale); courbe (6) : comme (3) + M/380 DDC (conc. finale); courbe (7) : comme (4) + M/250 Na N_3; courbe (8) : comme (4) + M/380 DDC. Tampon de phosphate pH 6. Vol. total 3,0 cc. + 0,2 cc. Na CH 10 %. Temp. 25° C. Gaz : air.

Nous avons trouvé que l'action cytochromoxydasique est localisée dans les chloroplastes, tandis que l'oxydation du catéchol se faisait également par le liquide cytoplasmique ou par la suspension chloroplastique. De plus, d'autres essais avec des plantes jeunes nous ont montré que l'action cytochromoxydasique est toujours élevée tandis que l'action polyphénoloxydasique est faible.

BIOCHIMIE BACTÉRIENNE. — *Sur la teneur en acides nucléiques de quelques espèces bactériennes et sur leur localisation.* Note (*) de M. **Giuseppe Léonardi** (¹), transmise par M. André Boivin.

Les recherches modernes sur la constitution chimique des bactéries, plus particulièrement les travaux de Boivin et de ses collaborateurs (²), ont permis de mettre en évidence deux faits d'une importance capitale pour une bonne compréhension du comportement biologique et de la cytologie des bactéries :

1° L'exceptionnelle richesse des microorganismes en acides nucléiques totaux (8, 10, 15 et même 20 % du poids sec);

(*) Séance du 25 juillet 1949.

(¹) Avec l'assistance technique de Mlle Alice Knobloch.

(²) A. Boivin, *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.*, **12**, 1947, p. 7; *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 1258; *Rev. Méd. de Liège*, 3, 1948, p. 237.

2° La présence simultanée dans les bactéries, comme dans les cellules des êtres supérieurs, des deux acides nucléiques (acide ribonucléique et acide désoxyribonucléique).

La teneur en acide désoxyribonucléique est relativement fixe chez un même microbe examiné au cours de divers états physiologiques ou chez les diverses espèces bactériennes (variations de 2 à 4 %); la teneur en acide ribonucléique est au contraire très variable (de 5 à 15 ou 20 %), en particulier au cours des différentes phases de la vie bactérienne. (Les quantités maxima sont trouvées au moment de la phase de latence, c'est-à-dire pendant la période où les synthèses bactériennes sont les plus actives.)

Boivin et ses collaborateurs ont également apporté des précisions sur le problème de la localisation des deux acides nucléiques chez les bactéries. Ils ont tout d'abord donné une explication chimique satisfaisante de la technique cytochimique utilisée par Robinow pour la mise en évidence du noyau bactérien, puis, grâce à l'emploi des enzymes spécifiques (nucléases), ils ont pu à leur tour localiser d'une façon précise les deux acides nucléiques (acide ribonucléique cytoplasmique, acide désoxyribonucléique nucléaire) et mettre en évidence le noyau bactérien chez de très nombreux germes.

En vue de vérifier le caractère général de la présence des deux acides nucléiques dans les bactéries et de leur localisation, nous avons repris le double problème sur des bactéries non encore étudiées, en utilisant les techniques chimiques et cytologiques décrites par Boivin et ses collaborateurs ([3]).

Dans le tableau suivant nous résumons les résultats obtenus en ce qui concerne l'analyse chimique des germes (culture de 20 heures à 37° sur gélose).

	Sur 100 parties de bactéries sèches.					
Espèce bactérienne.	N total.	Protéines totales.	AN total.	ADN total.	ARN total.	Rapport $\frac{ADN}{AN}$ total.
Vibrio choleræ..................	12,30	73,13	3,67	2,08	1,59	0,56
Salmonella enteritidis (Souche K 64).	12,63	72,94	5,80	2,88	2,92	0,49
Pasteurella pestis (Souche E. V.)...	12,02	68,06	6,88	4,07	2,81	0,59
Bacterium pyocianeum	12,69	69,75	9,35	4,93	4,42	0,52
Bacillus subtilis (sporulé)..........	11,16	63,75	5,87	1,47	4,40	0,25
Necrophorus fusiformis (fusiformis fusiformis).....................	11,00	59,63	8,93	2,30	6,63	0,25
Corynebacterium dyphteriæ (*)....	–	–	6,54	1,68	4,86	0,25
» (**)....	–	–	13,34	3,46	9,88	0,25

(*) Nombreuses granulations métachromatiques.
(**) Quelques granulations métachromatiques.

([3]) R. Vendrely, *Un Symposium sur les Protéines*, Desoer et Masson, éd., Liége-Paris, 1946, p. 165; R. Tulasne et R. Vendrely, *C. R. Soc. Biol.*, 141, 1947, p. 674; *Nature*, 160, 1947, p. 225.

En ce qui concerne l'acide nucléique total (AN), les valeurs trouvées sont moins élevées que celles qu'avaient signalées nos devanciers. Ceci est dû à la faible teneur en acide ribonucléique (ARN) des germes analysés. (On sait que le constituant ribonucléique est très variable suivant les états physiologiques de la bactérie et les conditions de culture.)

L'acide désoxyribonucléique (ADN), au contraire, se présente comme un élément beaucoup plus constant, et les teneurs observées (à deux exceptions près : *Bacillus subtilis sporulé* et *Corynebacterium dyphteriæ* porteur de granulations métachromatiques) cadrent tout à fait avec les valeurs obtenues par d'autres chercheurs (4) travaillant sur des germes différents.

Les résultats des examens cytologiques effectués en vue de préciser la localisation des deux acides nucléiques nous ont permis de confirmer les résultats généraux maintenant classiques; l'acide ribonucléique est localisé dans le cytoplasme et l'acide désoxyribonucléique dans le noyau.

Tant au point de vue chimique que cytologique, nos recherches apportent donc une entière confirmation de la présence des deux acides nucléiques dans les bactéries et sur leur localisation.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la présence de ferments protéolytiques dans les « complexes antagonistes » à base de streptomycine.* Note (*) de MM. **Rémy Richou, Claude Gerbeaux** et Mlle **Jacqueline Schlaepfer**, présentée par M. Gaston Ramon.

Dans des essais effectués antérieurement avec G. Ramon (1), nous avons étudié les ferments protéolytiques solubles produits par le *B. subtilis*. C'est ainsi que nous avons constaté que certains filtrats de culture de *B. subtilis* sur des milieux à base de son de blé, additionnés ou non de substances telles que la farine d'orge, l'orge maltée, le tapioca, l'extrait de malt, l'acétate de soude, etc., sont particulièrement riches en protéases puisqu'ils contiennent jusqu'à 10000 U. gélatinolytiques par centimètre cube.

Dans de nouveaux essais nous avons examiné la production, par l'*Actinomyces griseus*, de ferments protéolytiques solubles en recherchant la présence ou l'absence de ces ferments dans divers *complexes antagonistes* à base de streptomycine, bruts, ou additionnés de 1 $^0/_{00}$ de formol et chauffés pendant une demi-heure à 53° pour en assurer la stabilité et la conservation (2).

Comme test de l'activité diastasique de ces *complexes*, nous avons étudié leur pouvoir gélatinolytique qui a été évalué selon la technique décrite par

(4) *Loc. cit.* (2).

(*) Séance du 25 juillet 1949.

(1) G. Ramon, R. Richou et P. Ramon, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 341.

(2) G. Ramon et R. Richou, *Revue d'Immunologie*, 11, 1947, p. 5.

G. Ramon ([3]) et qui consiste, rappelons-le, à déterminer quelle est la plus petite dose de *complexe* capable d'amener, en l'espace de 4 heures à 45°, la gélatinolyse de 1^{cm^3} de gélatine (3^g de gélatine pour 100^{cm^3} d'eau physiologique). Cette dose représente l'unité gélatinolytique.

Nous avons résumé, en un tableau, les résultats de l'une de nos séries d'expériences.

Activité des complexes *exprimée en unités gélatinolytiques par centimètre cube.*

Complexe à base de streptomycine E non formolé	400
» E formolé et chauffé	200
» J non formolé	750
» J formolé et chauffé	750
» K non formolé	7500
» K formolé et chauffé	3500
» L. M. non formolé	1500
» L. M. formolé et chauffé	150
» O non formolé	3500
» O formolé et chauffé	450
» R 1 non formolé	400
» R 2 »	750
» S »	750
Streptomycine (10000 U. par centimètre cube)	0

Il ressort de ces résultats que certains des *complexes antagonistes* à base de streptomycine examinés sont particulièrement riches en protéase, puisqu'ils peuvent contenir jusqu'à 7500 U. gélatinolytiques par centimètre cube, alors que la streptomycine purifiée n'en contient pas.

Le contenu en ferment gélatinolytique varie d'ailleurs considérablement d'un *complexe* à l'autre comme varient le pouvoir antibiotique de ces complexes vis-à-vis du *B. coli* et du *Staphylocoque* par exemple, et leur pouvoir antidotique à l'égard des toxines diphtérique, tétanique et staphylococcique.

Sous l'action du formol et de la chaleur (53°), le pouvoir gélatinolytique des *complexes* subit, dans les conditions de nos expériences, une baisse qui peut être considérable. Ce fait n'est pas pour nous surprendre puisque G. Ramon ([4]) a montré qu'un ferment microbien tel que la gélatinase tétanique peut être transformé en *anaferment* sous l'influence d'une quantité convenable de formol et de la chaleur ménagée, et selon le principe fondamental d'obtention des anatoxines, des anavenins, etc.

Ainsi, tout comme les *complexes antagonistes* à base de subtiline, les *complexes antagonistes* à base de streptomycine contiennent des ferments protéo-

---

([3]) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 253; **219**, 1944, p. 268.

([4]) G. Ramon, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 253.

lytiques (⁵) dont l'action peut s'ajouter à celles des principes antibiotiques, antidotiques, virulicides qu'ils renferment et expliquer, tout au moins en partie, les résultats satisfaisants qu'ils ont déjà permis d'obtenir dans le traitement *per os* de certaines infections intestinales des jeunes animaux de l'espèce bovine (⁶).

MÉDECINE. — *Les comportements des rythmes leucocytaires et de la fragilité des polynucléaires au cours des évolutions de certains types de terrain.* Note (*) de M. **Émile Pinel**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

On sait que : 1° Les *rythmes leucocytaires* sont mis en évidence par des graphiques où l'on a porté les temps, exprimés en heures et *minutes*, en abscisses; et, en ordonnées, les pourcentages totaux de polynucléaires (¹). Comme le montrent les figures 1 et 2 ci-après, reproduites ici à titre d'exemples, les diagrammes ainsi obtenus, se décomposent en *suites* de courbes en cloche. Chaque *suite* résulte de la *répétition périodique* de l'écart à la base d'une courbe C dans le cas d'une cause leucogénétique; et des *répétitions périodiques* des écarts aux bases d'un ensemble de deux courbes C et C', rangées dans un ordre constant, dans le cas de deux causes leucogénétiques, coexistantes dans le même organisme.

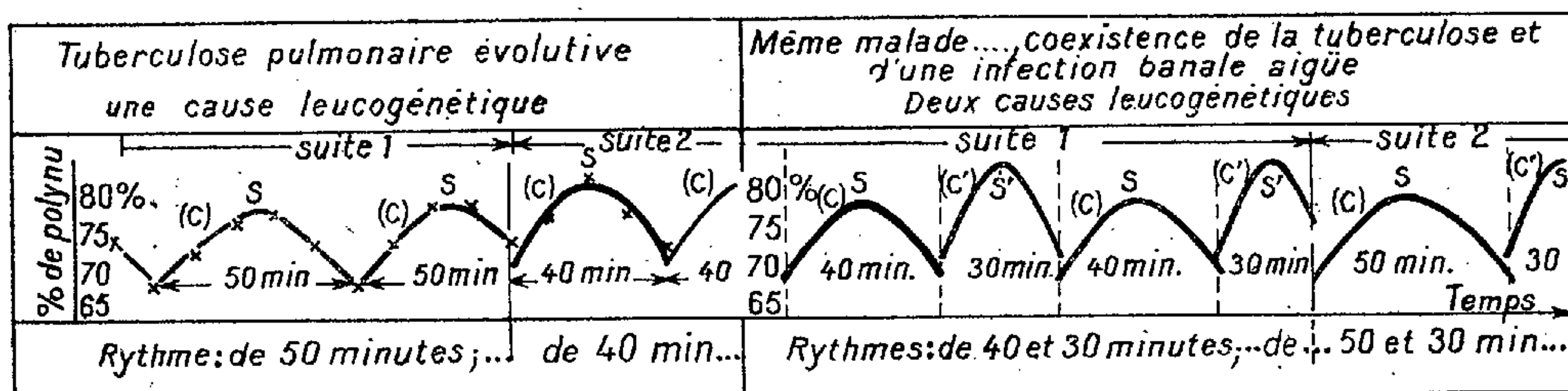


Fig. 1. Fig. 2.

2° La *fragilité des polynucléaires* comprend (²) les *noyaux granuleux* dans les terrains porteurs d'infections banales aiguës, ou seulement prédisposés à ces infections; les *granulations* : à tendance *basophile* dans les terrains tuberculiniques ou tuberculeux, *pourpre* dans les terrains cancérigènes ou cancéreux, *mixtes* (association de ces deux types de granulations dans le même cytoplasma) dans les terrains en transformation, parvenus à une phase intermé-

(⁵) Des essais, actuellement en cours, nous ont également permis de mettre en évidence la gélatinase dans les *complexes antagonistes* à base de pénicilline.

(⁶) R. Richou, P. Groulade et C. Gerbeaux, *Bull. Acad. Méd.*, **31**, 1948, p. 533.

(*) Séance du 18 juillet 1949.

(¹) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 231 et 965.

(²) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1031; **228**, 1949, p. 266.

diaire entre la tuberculose et le cancer. La fragilité des polynucléaires se mesure par le nombre de tests de tel ou tel type pour 100 leucocytes numérés; elle augmente au voisinage immédiat des sommets des formes en cloche à concavité tournée vers le bas. Plus précisément, en reprenant, pour fixer les idées, les deux exemples ci-dessus : dans le cas de la figure 1, le nombre de granulations à tendance basophile augmente au voisinage immédiat des sommets tels que S, le nombre de noyaux granuleux étant nul; dans le cas de la figure 2, il y a prédominance et même exclusivité des premiers au voisinage immédiat des sommets tels que S et des seconds, au voisinage immédiat des sommets tels que S'. Ainsi, dans chaque suite de courbes, les courbes C sont liées à la tuberculose, les courbes C' à l'infection banale aiguë, et, avec elles, les rythmes qu'elles définissent sont respectivement attachés à ces deux maladies. Il suit de là que, *par l'intermédiaire du terrain, décelé par la fragilité des polynucléaires, la correspondance se trouve établie entre les rythmes leucocytaires et les maladies coexistantes dans le même organisme*. Il est alors possible de suivre les comportements de ces maladies au moyen de ces deux notions.

Dans des communications antérieures [1], [3], j'ai exposé les résultats de mes expériences sur les significations diagnostiques et pronostiques des rythmes leucocytaires; j'insisterai ici sur certains résultats obtenus dans le traitement des maladies associées de l'exemple de la figure 2. On sait que [4] *les instants favorables à la thérapeutique* sont ceux où les courbes en cloche s'amorcent; *les instants défavorables*, ceux où les sommets des courbes en cloche, à concavité tournée vers le bas, se présentent. D'après ce qui précède, *à chacune des maladies coexistantes correspond une liste d'instants favorables, prévisibles* par un calcul arithmétique simple, grâce à l'existence de la période du rythme. Ainsi le traitement adéquat à chaque maladie doit être appliqué aux instants favorables correspondants et les deux thérapeutiques doivent alterner entre elles dans l'ordre d'alternance des périodes des rythmes qui déterminent les deux listes d'instants (*fig.* 2). Dans ces conditions d'horaire d'application des deux thérapeutiques, la disparition de l'infection banale aiguë ramène le cas de la figure 2 à celui de la figure 1; on constate, alors, que le traitement de la tuberculose se trouve grandement facilité. Par contre, intervertir l'ordre d'alternance des deux thérapeutiques a pour effet d'intervertir celui des deux rythmes et, de ce fait, de faire passer la tuberculose de l'état chronique à l'état aigu; l'infection banale de l'état aigu à l'état chronique. Cet exemple montre que tout traitement doit tenir compte des interactions réciproques des maladies coexistantes, ce que permet la méthode des instants favorables.

La séance est levée à $15^h 20^m$. L. B.

---

(3) *Académie de Médecine*, **131**, 1947, p. 508.
(4) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 965.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUILLET 1949.

Traité de Zoologie. Anatomie systématique. Biologie, publié sous la direction de PIERRE-PAUL GRASSÉ. T. VI. *Onychophores. Tardigrades. Arthropodes. Trilobitomorphes. Chélicérates,* par M. ANDRÉ, L. BERLAND, L. CUÉNOT, C. DAWYDOFF, L. FAGE, J. MILLOT, L. STÖRNER, M. VACHON, A. VANDEL, G. WATERLOT. Paris, Masson, 1949; 1 vol. 24cm,5.

Le diagnostic radiologique des tumeurs malignes du pharynx et du larynx. Étude anatomo-topographique et radiographique, par FRANÇOIS BACLESSE. Paris, Masson, 1938; 1 vol. 25cm.

Collection des actualités radiobiologiques. Le rayonnemement infrarouge, par JEAN LECOMTE. T. II. *La spectrométrie infrarouge et ses applications physicochimiques,* Paris, Gauthier-Villars, 1949; 1 vol. 21cm (présenté par M. J. Cabannes).

Société française d'équipement rural. *Terre vivante,* nos 1 et 2, 1949; 1 fasc. 24cm.

Actualités scientifiques et industrielles. 1075. *Les propriétés et les formes dans l'Industrie,* par JACQUES DINZIN. Paris, Hermann, 1949; 1 vol. 25cm.

Annals of the Solar physics Observatory, Cambridge. Vol. I. *The History of the Cambridge Observatories,* by F. J. M. STRATTON. Cambridge, University Press, 1949; 1 vol. 31cm.

France. Ministère des travaux publics, des transports et du tourisme. Institut géographique national. *Travaux topographiques et cartographiques exécutés de* 1938 *à* 1948. *Rapport présenté au Congrès international de géographie. Lisbonne* 1949, par M. HURAULT. Paris, Imprimerie de l'Institut géographique national, 1949; 1 fasc. 22cm.

Interaction entre le noyau et son cortège électronique. Réunions d'études et de mises au point, tenues sous la présidence de LOUIS DE BROGLIE, par RAYMOND DAUDEL, PAUL CHANSON, JEAN SURUGUE, JEAN RATIER, Mme P. BENOIST et R. BOUCHEZ, M. HAÏSSINSKY, MAURICE JEAN. Paris, Éditions de la Revue d'optique théorique et instrumentale, 1949; 1 vol. 22cm,5.

Institut des Parcs nationaux belges. Exploration du Parc national Albert. Mission G. F. De Witte (1933-1935). Fasc. 49. *Mymaridæ* (Hymenoptera chalcidoidea), par H. R. DEBAUCHE. Fasc. 58. *Hémiptères aquatiques,* par RAYMOND POISSON. Bruxelles, 1949; 2 vol. 28cm,5.

Institut français d'Afrique Noire. Initiations africaines. I. *Les mammifères de l'Afrique Noire française,* par P. L. DEKEYSER. Dakar, Grande Imprimerie africaine, 1948; 1 fasc. 24cm.

Schweizerische meteorologische zentralanstalt. Station centrale suisse de météorologie, Zürich. *Die Niederschlagsmengen in der Schweiz. Les précipitations en Suisse* 1901-1940, par H. UTTINGER. Annexe : *Niederschlagskarte der Schweiz. Carte pluviométrique de la Suisse* 1/500.000e. Zürich, Verlag des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes (Association suisse pour l'aménagement des eaux), 1939; 1 fasc. 24cm.

Les fossiles et la notion d'évolution, par JEAN et MARIE-LOUISE DUFRENOY. Extrait de l'*Action universitaire,* 1948; 1 vol. 23cm,5.

Hypertrophie des glandes paraprostatiques et cancer de la prostate. Brève vue d'ensemble, et *Traitement biologique des maladies organiques chez l'homme et chez l'animal,* par PAUL NIEHANS. Berne, Éditions médicales Hans Huber, 1948 ; 2 fasc. 22^{cm}.

Études sur Arnaud de Villeneuve, 1240 (?)-1311. III. *Le brevarium practicæ ou Arnaud de Villeneuve et l'Italie.* IV. *L'étudiant de Naples,* par RENÉ VERRIER. Leiden, E. J. Brill, 1949 ; 1 vol. 25^{cm}.

Proceedings of the fourth international Congress on tropical medicine and malaria. Vol. I et II. Washington, Department of State, 1948 ; 2 vol. 25^{cm}.

Addresses at the Lillie memorial meeting Woods Hole, August 11, 1948, by B. H. WILLIER, ROSS G. HARRISSON, H. B. BIGELOW, E. G. CONKLIN. *Frank Rattray Lillie* 1870-1947. Reprinted from Biological Bulletin, Vol. XCV, n° 2, 1948 ; 1 fasc. 25^{cm}.

Frank Rattray Lillie (1870-1947), by ROSS G. HARRISON. Reprinted from *Year Book of the american philosophical Society,* 1947 ; 1 fasc. 23^{cm}.

Lorande Loos Woodruff (1870-1947), by ROOS G. HARRISON. Reprinted from *Science,* Vol. CVI, n° 2762, 1947 ; 1 fasc. 23^{cm}.

Wound healing and reconstitution of the central nervous system of the amphibian embryo after removal of parts of the neural plate, by ROOS G. HARRISON. Reprinted from *The Journal of experimental zoology.* Vol. CVI, n° 1, 1947. Philadelphie Press of the Wistar institute of anatomy and biology ; 1 fasc. 25^{cm},5.

Que sais-je? *Le phosphore et la vie,* par ALBERT DEMOLON et ALBERT MARQUIS. Paris, Presses universitaires de France, 1949 ; 1 vol. 17^{cm},5.

Les Corps gras. *Constantes et données numériques des corps purs de la chimie des corps gras,* par A. PARISOT. Préface de J. P. SISLEY. Paris, Dunod, 1949 ; 1 vol. 27^{cm},5.

Biologie des sols. Documents. *Antagonismes microbiens et substances antibiotiques,* par SELMAN A. WAKSMAN. Traduction de JACQUES DUCHÉ. Paris, Société d'édition d'enseignement supérieur, 1948 ; 1 vol. 25^{cm} (présenté par M. Roger Heim).

Nuovi contributi alla mia dottrina microbiologica dell' insilamento lattico, par E. COSTANTINO GORINI. Extrait de *Rendiconti* (Scienza) del Reale Istituto lombardo di Scienze e lettere. Vol. LXXIV. Fasc. 2. Milano, Ulrico Hœpli, 1940-1941 ; 1 fasc. 24^{cm}.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 AOUT 1949.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** informe l'Académie qu'à l'occasion de la fête de l'Assomption, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 17 août au lieu du lundi 15.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la théorie du champ soustractif.* Note de M. **Louis de Broglie**.

Dans deux Notes récentes [1] nous avons développé une théorie de l'interaction entre particule électrisée et champ électromagnétique qui introduit sous une forme nouvelle l'hypothèse du *champ soustractif* déjà envisagée par MM. Stueckelberg, Bopp et Païs et généralisée par M. Feynmann. Nous voudrions montrer pourquoi cette hypothèse ainsi présentée ne semble plus se heurter à l'objection fondamentale qu'elle paraissait soulever jusqu'ici.

Considérons d'abord le champ d'une particule de spin 1 et de masse $k_0 h/2\pi c$. Soit un corpuscule ponctuel chargé placé en un point choisi comme origine des coordonnées et qui est en interaction avec ce champ. Désignons par ε le coefficient d'interaction, c'est-à-dire la *charge* du corpuscule par rapport au champ. Si le champ est photonique, ε est la charge électrique au sens usuel.

La théorie des particules de spin 1 conduit à écrire les équations Maxwelliennes suivantes (en unités non rationalisées avec champs réels) :

$$(1)\quad \begin{cases} a.\quad -\dfrac{1}{c}\dfrac{\partial \vec{H}}{\partial t} = \operatorname{rot}\vec{E} & c.\quad \dfrac{1}{c}\dfrac{\partial \vec{E}}{\partial t} = k_0^2\vec{A} + \operatorname{rot}\vec{H} - 4\pi\varepsilon\,\delta(\vec{r})\,\dfrac{\vec{v}}{c}, \\ b.\quad \operatorname{div}\vec{H} = 0 & d.\quad \operatorname{div}\vec{E} = -k_0^2 V + 4\pi\varepsilon\,\delta(\vec{r}). \end{cases}$$

Un raisonnement tout à fait analogue à celui que l'on fait en théorie de

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 157 et 269. Dans la seconde de ces Notes, un facteur 4π a été omis dans les termes en $\delta(\vec{r})$ des formules (4), (5) et (6).

Maxwell ordinaire conduit à attribuer au champ la densité d'énergie

$$(2)\qquad w = \frac{1}{8\pi}(H^2 + E^2) + \frac{k_0^2}{8\pi}(A^2 + V^2).$$

Si l'on multiplie les équations (1c) et (1d) respectivement par $\vec{A}$ et V, on démontre aisément que

$$(3)\qquad \int w\,d\tau = \frac{1}{2}\int \varepsilon\left(V + \frac{\vec{v}}{c}.\vec{A}\right)\delta(\vec{r})\,d\tau;$$

quand on veut ensuite passer à la théorie des interactions quantiques entre le champ et la charge, on est amené à prendre comme terme d'interaction dans l'Hamiltonien le terme ([2])

$$(4)\qquad H^{(1)} = \varepsilon\left(V.1 + \vec{\alpha}.\vec{A}\right)\delta(\vec{r} - \vec{R}),$$

où 1 et $\vec{\alpha}$ sont les matrices-vecteurs qui en théorie de Dirac correspondent aux densités de charge et de courant. Malheureusement, on est ainsi conduit, que le champ soit photonique ou mésonique, à une valeur infinie pour l'énergie propre de la charge. C'est là l'obstacle qui, depuis vingt ans, arrête le développement de la théorie quantique des champs.

Mais supposons maintenant qu'en interaction avec le corpuscule chargé, il y ait *deux* champs que nous distinguerons par les indices 1 et 2. Nous devons écrire

$$(5)\qquad \begin{cases} a.\quad -\dfrac{1}{c}\dfrac{\partial \vec{H}_i}{\partial t} = \operatorname{rot}\vec{E}_i, & c.\quad \dfrac{1}{c}\dfrac{\partial \vec{E}_i}{\partial t} = k_{0i}^2\vec{A}_i + \operatorname{rot}\vec{H}_i - 4\pi\varepsilon_i\,\delta(\vec{r})\dfrac{\vec{v}}{c}, \\ b.\quad \operatorname{div}\vec{H}_i = 0, & d.\quad \operatorname{div}\vec{E}_i = -k_{0i}^2 V + 4\pi\varepsilon_i\,\delta(\vec{r}), \end{cases}$$

avec $i = 1$ et $i = 2$. Nous exprimons ainsi que pour la *création* du champ d'indice i, le corpuscule agit comme s'il avait la charge ε_i.

L'hypothèse du champ soustractif consistera alors à poser $\varepsilon_1 = -\varepsilon_2 = \varepsilon$. Si le champ 1 n'agissait que sur la charge ε_1 et le champ 2 sur la charge ε_2, on trouverait en recommençant les calculs faits plus haut l'expression de la densité d'énergie

$$(6)\qquad w = \sum_1^2{}_i\left[\frac{1}{8\pi}(E_i^2 + H_i^2) + \frac{k_{0i}^2}{8\pi}(A_i^2 + V_i^2)\right]$$

puis

$$(7)\qquad \int w\,d\tau = \frac{1}{2}\int \varepsilon\left[(V_1 - V_2) + \frac{\vec{v}}{c}\left(\vec{A}_1 - \vec{A}_2\right)\right]\delta(\vec{r})\,d\tau,$$

([2]) Voir *Mécanique ondulatoire du photon et théorie quantique des champs,* Paris, 1949, p. 152.

et l'on serait amené à poser dans la théorie des interactions quantiques

(8) $$H^{(i)} = \varepsilon\left[(V_1 - V_2).1 + \vec{\alpha}\left(\vec{A}_1 - \vec{A}_2\right)\right]\delta\left(\vec{r} - \vec{R}\right).$$

Cette forme de l'Hamiltonien d'interaction conduit pour l'énergie mutuelle de deux corpuscules de charges $\varepsilon = \varepsilon_A$ et $\varepsilon = \varepsilon_B$ à la valeur

(9) $$\varepsilon_A \varepsilon_B \left(\frac{e^{-k_{01}r}}{r} + \frac{e^{-k_{02}r}}{r}\right)$$

et par suite encore à une énergie propre infinie. La substitution d'un signe — à un signe + dans (9) ne paraissait pas pouvoir se justifier dans une théorie à champ vectoriel. C'est là l'objection essentielle rencontrée jusqu'ici par l'hypothèse du champ soustractif.

Mais la forme nouvelle de cette hypothèse que nous avons développée dans nos Notes citées plus haut revient à dire que chaque charge ε_i du corpuscule, bien que servant seulement de source au champ de même indice, subit l'action du champ total 1 + 2. Si nous reprenons le calcul qui conduit aux expressions (2) et (6), le terme $(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)\left(\vec{v}/c\right)\left(\vec{E}_1 + \vec{E}_2\right)$, qui avec la conception usuelle représente le travail du champ électrique total, se trouve être nul, mais les termes $\left(-k_{01}^2\vec{A}_1 - k_{02}^2\vec{A}_2\right)\left(\vec{E}_1 + \vec{E}_2\right)$ peuvent être interprétés comme un travail du champ électrique inconnu de la théorie classique. Le raisonnement qui conduit aux formules (3) et (7) montre alors qu'en posant $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$, etc., on trouve une formule qui dans le cas électrostatique se réduit à

(10) $$\int \frac{E^2}{8\pi}\,d\tau = -\frac{1}{2}\int\left(\frac{k_{01}^2}{4\pi}V_1 + \frac{k_{02}^2}{4\pi}V_2\right)(V_1 + V_2)\,d\tau.$$

Le premier membre peut être considéré comme l'énergie d'un champ qui se comporte comme un champ électromagnétique classique, et l'énergie du corpuscule est donnée par l'intégrale du second membre où l'on posera $V_1 = \varepsilon(e^{-k_{01}r}/r)$ et $V_2 = -\varepsilon(e^{-k_{02}r}/r)$. On est ainsi aisément ramené aux conclusions de nos Notes précédentes.

Dans le cas où l'un des champs est un champ photonique (ce qui est pour nous le cas de l'interaction électromagnétique usuelle), on devra poser $k_{01} = \gamma \simeq 0$ et $k_{02} = k_0 \gg \gamma$, et l'on trouvera sensiblement pour l'Hamiltonien d'interaction dans un référentiel où la charge est au repos, l'expression $\varepsilon V.1(k_0^2/4\pi)\left(e^{-k_0(\vec{r}-\vec{R})}/\left|\vec{r} - \vec{R}\right|\right)$. L'élément de matrice correspondant à une transition où la quantité de mouvement de la charge varie de $h\vec{K}/2\pi$ s'obtient alors en multipliant l'expression qu'on lui attribue habituellement par le facteur $k_0^2\left[k_0^2 + \left|\vec{K}\right|^2\right]^{-1}$. Mais ceci n'est valable qu'à l'approximation quasi statique et, pour obtenir une expression générale respectant l'invariance relativiste, il faut modifier ce facteur. Des

considérations que nous ne développerons pas ici nous conduisent à penser que l'élément de matrice correspondant à la transition qui fait varier la quantité de mouvement de la charge de $h\vec{K}/2\pi$ et son énergie de $hK/2\pi c$ s'obtient en multipliant l'expression usuelle par le facteur

$$\frac{k_0^2}{k_0^2 + |\vec{K}|^2 - K^2} \tag{11}$$

qui se réduit à l'expression quasi statique pour $K \simeq 0$.

En résumé, on voit que notre manière d'introduire le champ soustractif repose sur une *réinterprétation* des termes en k_0^2 dans les équations maxwelliennes (1), termes qui sont assimilés à des charges et des courants subissant l'action du champ total $1 + 2$.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Le Paradoxe de Saint-Pétersbourg.* Note de M. **Émile Borel.**

Je ne reviendrai pas sur les polémiques soulevées par le Paradoxe de Saint-Pétersbourg. Je voudrais, à propos d'un problème analogue, montrer qu'un principe fondamental et évident cesse d'être vrai lorsqu'on l'applique à des cas où intervient virtuellement l'infini (sous la forme classique d'un nombre variable qui peut éventuellement dépasser tout nombre donné). Ce principe est celui d'après lequel, si un jeu est équitable lorsqu'on joue une partie, il reste équitable lorsqu'on joue un nombre fini de parties et l'espérance mathématique de tout joueur reste nulle.

Considérons, pour plus de généralité, un jeu non équitable, par exemple une roulette qui, sur 36 numéros, comporterait 12 pairs, 12 impairs, et 12 zéros, le banquier recevant toutes les mises lorsque sort le zéro. Admettons que Pierre possède une mise illimitée ou un crédit tel que la roulette accepte tous ses chèques. Il peut alors jouer la martingale consistant à fixer son enjeu à $(n+1)2^{n-1}$ à la $n^{\text{ième}}$ partie et à se retirer dès qu'il a gagné une partie. S'il perd les n-premières parties, sa perte totale est $n2^n$ et son enjeu à la partie suivante étant $(n+2)2^n$, son gain net sera 2^{n+1}, s'il gagne cette $(n+1)^{\text{ième}}$ partie. Il est évident que Pierre est sûr de gagner, s'il joue toujours *impair*; car il est impossible que *impair* ne sorte jamais, même au bout d'un million de parties. Bien avant le million, on aurait certainement soupçonné et découvert un défaut de la roulette ou une tricherie du croupier. Bien entendu, les chances de gain de Pierre seraient les mêmes s'il jouait tantôt pair, tantôt impair.

La probabilité pour que Pierre gagne la $n^{\text{ième}}$ partie, après avoir perdu les $n-1$ premières est

$$\frac{1}{3}\left(\frac{2}{3}\right)^{n-1} = \frac{2^{n-1}}{3^n}.$$

et, en ce cas, son gain est 2^n; son espérance mathématique totale s'exprime donc par la série

$$\frac{1}{2}\left[\frac{4}{3}+\left(\frac{4}{3}\right)^2+\left(\frac{4}{3}\right)^3+\ldots\right],$$

tandis que, dans le Paradoxe de Saint-Pétersbourg, cette espérance mathématique s'exprime par une série dont tous les termes sont égaux à l'unité. Tel serait ici le cas si l'on supprimait les zéros de notre roulette.

Pierre joue à un jeu qui semblerait devoir assurer rapidement la fortune de la roulette. Mais il a le privilège de fixer les enjeux et d'arrêter le jeu quand il lui convient, quitte à recommencer sa martingale.

Il est curieux que Pierre ayant fixé ses enjeux comme nous l'avons dit, son espérance mathématique (toujours infinie) apparaît comme d'autant plus élevée (c'est-à-dire qu'il s'enrichit d'autant plus vite) que le jeu est moins équitable à son détriment, c'est-à-dire plus avantageux pour le tenancier de la roulette. Son espérance mathématique deviendrait finie si le jeu était non équitable en sa faveur, avec la même martingale.

Il est évident que tout paradoxe disparaîtrait si l'on fixait un maximum à la mise ou à la durée du jeu. Il en est forcément ainsi dans tout problème concret, mais les mathématiciens ont longtemps cru, avec Joseph Bertrand, pouvoir spéculer sur des problèmes abstraits, sans tenir compte des contingences.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Les aspects philosophique et constructif de la théorie des nombres définis par leur valeur numérique et leur origine.* Note de M. **Dimitri Riabouchinsky.**

La définition du concept de l'origine d'un nombre, que j'ai donnée précédemment ([1]), n'ayant pas toujours ([2]) été interprétée dans le sens que j'avais en vue, je tiens à y ajouter quelques commentaires.

1. Soit l'équation $\arcsin x + x - 1 - 2{,}5\,\pi = 0$. Le raisonnement usuel conduit à dire qu'on peut satisfaire à cette équation en donnant à x la valeur 1 et en prenant la détermination de l'arcsin qui se réduit à $2{,}5\,\pi$ pour $x=1$. Pour exprimer la même chose en ayant recours au concept de l'origine d'un nombre, il faut poser $x = 1 = \sin 2{,}5\,\pi$. La différence entre ces deux raisonnements peut paraître très subtile, mais dans les cas moins élémentaires l'importance de cette innovation devient évidente. Cette importance réside dans le fait que l'on peut uniformiser ainsi toutes les fonctions. A chaque détermination de la *variable indépendante*, par sa valeur numérique et son origine, ne correspond qu'une valeur unique de la fonction aussi bien dans les domaines réels qu'imaginaires.

([1]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 552-554.
([2]) R. M. Martin, *Mathematical Reviews*, 9, 1948, p. 404.

2. Dans la théorie des fonctions discontinues déterminées comme limites de fonctions continues, on admet généralement que l'annulation d'un nombre dans un passage à la limite est une opération *irréversible* et que ce n'est qu'en faisant tendre, dans un produit de deux termes, *simultanément* l'un d'eux vers zéro et l'autre vers l'infini, qu'on peut obtenir un résultat non nul :

$$(1)\qquad \lim_{n\to\infty}\frac{a}{n}=0,\qquad \lim_{n\to\infty} n0=0,\qquad \lim_{n\to\infty} n\left(\frac{a}{n}+\frac{b}{n^2}+\dots\right)=a.$$

Dans la première des équations (2),

$$(2)\qquad \lim_{n\to m} n\frac{a}{m}=a,\qquad \lim_{n\to\infty} n\left[\lim_{m\to\infty}\frac{a}{m}\right]=\lim_{n\to\infty} n0=a,$$

il n'y a pas lieu de parler de la simultanéité de la variation de m et de n pour obtenir a; m peut, évidemment, atteindre sa valeur définitive, tandis que n ne commence qu'ensuite à augmenter en tendant vers cette valeur définitive de m, En appliquant le raisonnement par récurrence, on passe du fini à l'infini et l'on obtient la deuxième des équations (2), où l'origine des infinis est la même. Cette formule générale est à la base de l'interprétation rationnelle du phénomène de Gibbs, le phénomène approchant ayant été préalablement découvert expérimentalement par Michelson et Stratton sur les courbes obtenues avec leur analysateur harmonique, permettant d'obtenir la somme des 80 premiers termes d'une série de Fourier.

La définition, artificiellement restrictive, conduisant à la deuxième des équations (1), a été adoptée pour pouvoir établir, dans tous les cas, une correspondance univoque et réciproque entre les points des courbes discontinues considérées et les points de l'axe des abscisses. Le concept de l'origine d'un nombre permet d'établir une pareille correspondance sans avoir recours à l'artifice susdit, qui semble éliminer arbitrairement des points faisant partie de ces courbes.

3. La deuxième des équations (2) met en évidence qu'il est indispensable de considérer en plus de l'*opération du passage à la limite*, l'opération inverse *du retour de la limite*. J'ai proposé ([3]), pour simplifier l'écriture, d'utiliser pour exprimer ces opérations fondamentales *sui generis*, les symboles L et L^{-1}, en les soumettant aux mêmes règles algébriques que les nombres réels p et p^{-1}, où p n'est ni zéro ni l'infini, sous la condition de ne jamais perdre de vue leur signification en tant qu'opérateurs. Si l'on convient d'admettre que zéro et l'infini, tout en *conservant leur valeur numérique*, ont une infinie multiplicité d'*origine* : $0=La$, $0=Lb$, $0=L^2c$, etc., $\infty=L^{-1}a$, $\infty=L^{-1}b$, $\infty=L^{-2}c$, etc., on peut mettre d'accord le concept de Galilée *l'infini est un* avec celui des infinis de divers ordres du calcul infinitésimal et justifier, au même titre, la conception

([3]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 885-887.

intuitive d'Euler que les différentielles sont des zéros et jouissent néanmoins de propriétés qui les distinguent les unes des autres. En effet, on ne saurait ne pas retrouver un nombre a réduit à zéro par l'opération L, en appliquant à ce zéro dont on connaît l'origine, l'opération inverse L^{-1}. Ce raisonnement ne saurait être réfuté par les anciennes objections qui ont obligé de renoncer à considérer les différentielles comme des zéros, par exemple celles de Berkeley et de d'Alembert, citées par Léon Brunschvicg dans *Les étapes de la Philosophie mathématique*.

4. Pour que le lecteur puisse juger par lui-même, que la théorie que nous développons n'est pas un simple *jeu de symboles*, mais qu'elle a une réelle valeur constructive, je citerai un exemple de son application en géométrie cartésienne. En raison des définitions précitées, on se rend facilement compte que la ligne (3) définie par l'équation directe, ou son inverse,

$$(3)\qquad y=(e^{L^{-1}x}-1)(e^{L^{-1}x}+1)^{-1},\qquad x=L\log(1+y)-L\log(1-y),$$

est constituée par les deux demi-droites $y=1$, $x>0$ et $y=-1$, $x<0$, ainsi que par le segment de droite h réunissant le point $x=0$, $y=1$ au point $x=0$, $y=-1$. En effet, en posant $x=0=La$, il vient $y=(e^a-1)(e^a+1)^{-1}$ et, en donnant à a toutes les valeurs finies comprises entre $+\infty$ et $-\infty$, on obtient tous les points du segment h à l'exclusion des points $x=0$, $y=\pm 1$. Pour obtenir ces derniers, dont les origines sont multiples, il faut poser $a=\pm\infty=\pm L^{-(1-\varepsilon)}b$ où $0<\varepsilon<1$ et $0<b<\infty$. En posant ensuite $a=\pm\infty=\pm L^{-1}c$, où c prend toutes les valeurs supérieures à zéro, on obtient les demi-droites $x=+c$, $y=1$ et $x=-c$, $y=-1$, à l'exclusion des points $x=0$, $y=\pm 1$. Mentionnons enfin que chaque droite $|y|>1$ coupe la ligne (3) en un point imaginaire, l'abscisse de ce point étant un zéro d'origine imaginaire, $x=0=L(a+\pi\sqrt{-1})$, et que les points des demi-droites $x=+c$, $y=-1$ et $x=-c$, $y=+1$ sont également imaginaires, car, pour les obtenir, il faut poser $a=\pm\infty=\pm(L^{-1}c+\pi\sqrt{-1})$ et les abscisses de ces points sont alors d'origine imaginaire, $x=\pm(c+L\pi\sqrt{-1})$.

5. Il nous reste à faire une remarque au sujet de la solution [1] du problème du continu, basée sur le concept de l'origine d'un nombre. Il résulte de la discussion de la section 4, que les nombres $0,5+L2$, $0,5+L\sqrt{2}$, $0,5+L\sqrt{-1}$, etc., ayant la valeur numérique 0,5 et ne se distinguant entre eux que par l'origine d'un zéro, leurs points figuratifs sur le segment $0-1$ doivent se superposer. Il en sera de même des points figuratifs du nombre $\sqrt{2}-1$ et de la fraction décimale illimitée de même valeur numérique 0,4142, ..., abstraction faite du reste irrationnel réduit à zéro par le passage à la limite. En se plaçant à ce point de vue, il n'y a pas lieu de faire la distinction, qu'admet la théorie de Dedekind, entre les *coupures* des nombres irrationnels ou transcendants et celles des nombres rationnels, puisque ces coupures se confondent.

Dans ces conditions, en faisant abstraction de leurs origines, la puissance de l'ensemble des points dimensionnels, épuisant le continu linéaire 0 — 1, est égale à la puissance de l'ensemble des fractions décimales.

M. **Albert Demolon** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de déposer sur le Bureau un numéro spécial des *Cahiers des Ingénieurs agronomes* édité sous le patronage de l'U. N. E. S. C. O. en vue de la Conférence qui se tiendra prochainement aux État-Unis, à Lake Success, sur la *Conservation et l'Utilisation des ressources naturelles*.

Ce numéro, préfacé par M. Pierre Auger, comporte quinze rapports de spécialistes sur les divers aspects de la question intéressant directement la production agricole. Nous y avons traité personnellement des sols agricoles en insistant particulièrement sur les pertes non compensées et sur le rôle de l'eau comme facteur limitant les rendements.

DÉSIGNATIONS.

M. **Louis Leprince-Ringuet** est désigné pour représenter l'Académie au **Congrès international de physique** qui se tiendra à Côme, du 11 au 16 septempre 1949, et aux Cérémonies qui auront lieu à cette occasion en l'honneur de Volta, pour commémorer le 150[e] anniversaire de l'invention de la Pile.

PLIS CACHETÉS.

M. **Émile Arquié**, M[me] **Françoise Grumbach**, MM. **Fernand Boyer** et **Georges Sanchez** demandent l'ouverture d'un pli cacheté reçu en la séance du 26 avril 1948 et enregistré sous le n° 12425.

MM. **Émile Arquié**, **Henry Deshayes**, **Claude Oger**, M[lle] **Marcelle Peyré**, et M[me] **Janine Grenier-Charpentier** demandent l'ouverture d'un pli cacheté reçu en la séance du 28 juin 1948 et enregistré sous le n° 12455.

M. **Pierre Goret**, M[me] **Françoise Grumbach**, MM. **Fernand Boyer**, **Pierre Villemin** et **Charles Flachat** demandent l'ouverture d'un pli cacheté reçu en la séance du 3 janvier 1949 et enregistré sous le n° 12506.

Ces plis, ouverts en séance par M. le Président, contiennent le premier, une Note intitulée : *Un nouvel antibiotique produit par une souche de* Sterygmatocystis Nidulans (*Niduline*), le second, une *Note sur l'isolement et l'extraction à partir des voiles mycéliens d'Actinomyces griseus d'une substance active sur les cocci Gram*, le troisième, une Note intitulée : *Extraction du mycélium d'Actinomyces griseus, d'un antibiotique différent de la streptomycine et de la griséine.*

(Renvoi à la Section de Chimie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *A List of Scientific Institutions in the Pacific Area*, par O. A. Bushnell.

2° Department of scientific and industrial Research, Wellington. *Scientific Institutions in New Zealand.*

3° *Making New Zealand. Pictorial Surveys of a Century*, Vol. I, n° 1.

4° Société Suisse de Chimie. 1949. *Assemblée d'été à Lausanne* (Programme).

Il signale également parmi les ouvrages polycopiés, une série de *Listes de membres*, *Rapports* et *Bibliographies* émanant du 7e Congrès scientifique du Pacifique et une *Introduction à la vie et à l'œuvre de Buffon*, rédigée par Franck Bourdier à l'occasion de l'Exposition *Buffon* au Muséum National d'Histoire Naturelle du 24 juin au 15 septembre 1949.

ALGÈBRE. — *Préliminaires logiques pour une théorie générale des invariants.* Note de M. **Jacques Riguet**, transmise par M. Élie Cartan.

Les notations utilisées dans cette Note sont celles de Bourbaki et de l'article noté [R.B.] (1).

Soient D un ensemble et $\mathcal{G}_0$ un groupe de permutations de D.

Soit $S \subset D \times \mathcal{G}_0$ la relation binaire définie par

$$S \,\hat{\hat{}}\, d, \sigma \,\hat{\hat{}} \;\Leftrightarrow\; \sigma d = d.$$

Alors S établit une correspondance de Galois (2) entre les sous-ensembles de D et les sous-groupes de $\mathcal{G}_0$. Nous allons particulariser D et $\mathcal{G}_0$ de deux façons.

I. Soient K un corps, U un ensemble d'indices donné. Prenons :

D = K module somme directe de tous les K modules constitués respectivement par l'ensemble des pseudo-tenseurs de poids donné et de type donné sur l'espace vectoriel $K^{(U)}$.

$\mathcal{G}_0$ = sous-groupe de permutations de D constitué par les prolongements à D des automorphismes de l'espace vectoriel $K^{(U)}$ (autrement dit le prolongement à D du groupe linéaire de $K^{(U)}$).

Si T est un sous-ensemble de D, désignons par $\widehat{T}^1$ le K sous-module engendré par T; désignons par $\widehat{T}^2$ l'ensemble des pseudo-tenseurs obtenus à partir des

---

(1) J. Riguet, *Relations binaires, fermetures et correspondances de Galois* (*Bull. Soc. math.*, 76, 1948, p. 114-155).

(2) [R.B.], p. 152.

pseudo-tenseurs de T par multiplications tensorielles ou par contractions. Alors $\wedge_1$ et $\wedge_2$ sont des C fermetures. Désignons par $\wedge$ la C fermeture engendrée par $\wedge_1$ et $\wedge_2$.

Nous dirons que le pseudo-tenseur $t \in \mathrm{D}$ est un *covariant* de T si $t \in \widehat{\mathrm{T}}$.

THÉORÈME. — *On a* $\widehat{\mathrm{T}} = \overset{-1}{\mathrm{S}}[\mathrm{S}[\mathrm{T}]]$, *autrement dit* $\wedge$ *coïncide avec la* C *fermeture définie par la correspondance de Galois relative à la relation binaire* S.

II. Soient E et U deux ensembles donnés. Prenons :

$\mathrm{D} = \mathfrak{P}(\mathrm{I}(\mathrm{U}, \mathrm{E}))$, I(U, E) désignant l'ensemble des quasi-applications de U dans E (définition dans [R.B], p. 130).

$\mathcal{G}_0 =$ sous-groupe de permutations de D constitué par les extensions à $\mathfrak{P}(\mathrm{I}(\mathrm{U}, \mathrm{E}))$ de toutes les permutations de E (définition dans Bourbaki, *Algèbre*, Chap. I, § 7, n° 3).

Pour distinguer du cas précédent nous écrirons $\mathcal{A}$ à la place de S.

Étant donné $\mathcal{R} \subset \mathfrak{P}(\mathrm{I}(\mathrm{U}, \mathrm{E}))$, on dit que $\mathcal{A}[\mathcal{R}]$ est le *groupe d'automorphismes* de $\mathcal{R}$.

Étant donné un sous-groupe $\mathcal{G}$ de $\mathcal{G}_0$, on dit que $\overset{-1}{\mathcal{A}}[\mathcal{G}]$ est l'*algèbre de Boole des invariants* de $\mathcal{G}$. (Le fait que $\mathcal{A}[\mathcal{R}]$ est un groupe, resp. $\overset{-1}{\mathcal{A}}[\mathcal{G}]$ une algèbre de Boole, se vérifie immédiatement.)

Nous désignons par $\mathcal{J}_{\mathcal{G}}$ l'algèbre de Boole engendrée par les classes d'intransitivité de $\mathcal{G}$. On voit facilement que $\mathcal{J}_{\mathcal{G}} = \overset{-1}{\mathcal{A}}[\mathcal{G}]$.

Lorsque la puissance de l'ensemble U est au moins égale à celle de E, le groupe $\mathcal{G}_0$ est normal c'est-à-dire qu'il existe $r \in \mathrm{I}(\mathrm{U}, \mathrm{E})$ tel que $\sigma r = r$ pour $\sigma \in \mathcal{G}_0$ si et seulement si σ est l'identité. A partir de là on démontre le

THÉORÈME. — *Lorsque la puissance de* U *est au moins égale à celle de* E *la correspondance de Galois établie par la relation binaire* $\mathcal{A}$ *est parfaite sur la lattice des sous-groupes de* $\mathcal{G}_0$, *autrement dit*

$$\mathcal{G} = \mathcal{A}[\overset{-1}{\mathcal{A}}[\mathcal{G}]] = \mathcal{A}[\mathcal{J}_{\mathcal{G}}].$$

Étant donné $\mathcal{R} \subset \mathfrak{P}(\mathrm{I}(\mathrm{U}, \mathrm{E}))$ désignons par

$\overset{\wedge_1}{\mathcal{R}}$ l'algèbre de Boole engendrée par $\mathcal{R}$;

$\overset{\wedge_2}{\mathcal{R}}$ l'ensemble des RB, R parcourant $\mathcal{R}$ et B parcourant les relations binaires sur U, la notation RB désignant l'ensemble des rB qui sont des quasi-applications lorsque r parcourt R.

Alors $\wedge_1$ et $\wedge_2$ sont des C fermetures. Désignons par $\wedge$ la C fermeture engendrée par $\wedge_1$ et $\wedge_2$.

Il est immédiat que $\mathcal{A}[\mathcal{R}] = \mathcal{A}[\widehat{\mathcal{R}}]$.

Nous dirons que $\mathrm{R} \subset \mathrm{I}(\mathrm{U}, \mathrm{E})$ est une *fonction logique* ou un *covariant* de $\mathcal{R}$ si $\mathrm{R} \in \widehat{\mathcal{R}}$.

THÉORÈME. — *Lorsque la puissance de* U *est au moins égale à celle de* E, *on a*

$$\widehat{\mathcal{R}} = \overset{-1}{\mathfrak{A}}\left[\mathfrak{A}[\mathcal{R}]\right] = \mathcal{J}_{\mathfrak{A}[\mathcal{R}]}.$$

COROLLAIRE. —

$$\widehat{\mathcal{R}}_1 = \widehat{\mathcal{R}}_2 \quad \rightleftharpoons \quad \mathfrak{A}[\mathcal{R}_1] = \mathfrak{A}[\mathcal{R}_2].$$

On retrouve ainsi ce que M. Krasner ([3]) appelle les lois d'existence et d'équivalence.

Remarque. — Les n[os] 1 et 2 ne sont pas profondement différents. Nous avons déjà montré ailleurs ([4]) le rapport entre les produits tensoriels et les relations.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Extension du théorème de Phragmen-Lindelöf-Heins aux fonctions sous-harmoniques dans un cône ou dans un cylindre.* Note (*) de M[me] **Jacqueline Lelong-Ferrand**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On connaît les importantes précisions apportées par M. Heins ([1]) au lemme de Phragmen et Lindelöf. Les résultats obtenus dans une Note précédente ([2]) vont nous permettre de généraliser ce théorème sous la forme que nous lui avions donnée ([3]).

A. *Extension du lemme de Phragmen et Lindelöf.* — Considérons d'abord un cône D, de sommet O, de frontière C, dans l'espace R^p à $p \geq 2$ dimensions. Nous désignerons par Σ_R la calotte sphérique découpée par D sur la sphère Σ de centre O et de rayon R, par D_R le sous-domaine de D défini par $OM < R$, par $\omega_R(M)$ la mesure harmonique de Σ_R dans D_R.

La fonction $\omega_R(M)$ est harmonique dans D_R, nulle sur C. Considérée comme fonction de $r = OM$ et du point m où le rayon OM pour Σ_1, elle est développable en série ([4])

$$\omega_R(M) = \sum_{i=0}^{\infty}\left[A_i\left(\frac{r}{R}\right)^{\alpha_i} + B\left(\frac{r}{R}\right)^{\beta_i}\right]\varphi_i(m).$$

Les coefficients A_i et B_i sont des constantes indépendantes de R, car $\omega_R(M)$ ne dépend que du rapport r/R et de m. Or si $r \to 0$, R restant fixe, $\omega_R(M)$ tend vers zéro. On en déduit que les coefficients B_i sont tous nuls. Donc lorsque

---

([3]) *Journal de Liouville*, 1938, p. 367, 385.
([4]) J. Riguet, *Comptes rendus*, 228, 1948, p. 1007.

(*) Séance du 1[er] août 1949.
([1]) *Trans. Am. Math. Soc.*, 60, 1946, p. 238-244.
([2]) J. Lelong, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 340.
([3]) J. Lelong, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1333.
([4]) Pour notation, *voir* article cité Note ([2]).

$R \to \infty$, M restant fixe, $\omega_R(M)$ est équivalente à

$$A_0 \left(\frac{r}{R}\right)^{\alpha_0} \varphi_0(m).$$

On en déduit facilement le résultat suivant :

Lemme. — *Soit* $u(M)$ *une fonction sous-harmonique dans* D *et satisfaisant aux conditions suivantes :*

a. $$\overline{\lim_{M \to P}}\, u(M) \leqq 0$$

en tout point P *de* C *à distance finie ;*

b. $$\underline{\lim} \frac{m(r)}{r^{\alpha_0}} = \lambda < \infty$$

$\left[\textit{en posant } m(r) = \underset{OM=r}{\text{borne sup}}\, u(M)\right]$, *alors on a*

(1) $$u(M) < \lambda A_0 r^{\alpha_0} \varphi_0(m)$$

partout dans D.

B. On obtient des résultats plus précis en appliquant le théorème 1 de la Note citée (²) à la fonction $v(M) = \lambda A_0 r^{\alpha_0} \varphi_0(m) - u(M)$ qui est, d'après le lemme précédent, sur-harmonique positive dans D.

Théorème. — *Si* $u(M)$ *satisfait aux hypothèses a et b du lemme précédent et si l'on pose*

$$\mu(r) = \underset{OM=r}{\text{borne sup}} \frac{u(M)}{r^{\alpha_0}\varphi_0(m)}, \qquad \gamma = \underset{M \in D}{\text{borne sup}} \frac{u(M)}{r^{\alpha_0}\varphi_0(m)},$$

on a les résultats suivants :

α. γ est fini et l'ensemble des points où $u(M) < \gamma r^{\alpha_0} \varphi_0(m)(1-\varepsilon)$ *est effilé à l'infini, relativement à* D, *quel que soit* $\varepsilon > 0$.

β. $u(M)/r^{\alpha_0}$ *tend vers* $\varphi_0(m)$ *lorsque* M *tend vers l'infini radialement, excepté au plus pour un ensemble* J *de rayons.*

γ. $\mu(r)$ *tend vers* γ *lorsque* $r \to +\infty$.

δ. $m(r)/r^{\alpha_0}$ *tend vers* $k\gamma$ *si* $\gamma > 0$ *et vers zéro si* $\gamma \leqq 0$ [*k désignant la borne supérieure de* $\varphi_0(m)$] *de sorte que* λ *est nécessairement* $\geqq 0$ *et égal à* $k\gamma^+$.

Remarques. — 1° Nous pouvons remplacer l'inégalité (1) par (1′) $u(M) \leqq \lambda r^{\alpha_0} \varphi_0(m)$ qui est la meilleure possible.

2° Le théorème reste valable si $u(M)$ est définie seulement dans un sous-domaine de D défini par $OM > R$.

Cas du cylindre. — Pour simplifier les énoncés nous supposerons $u(M)$ définie seulement dans un demi-cylindre D limité à une section droite Σ_0. Nous désignerons par λ_i les constantes caractéristiques relatives à Σ_0 et à l'équation $\delta u + \lambda u = 0$ (δ étant le Laplacien dans R^{p-1}), par $\varphi_i(m)$ les fonctions fondamentales correspondantes. Un point M de D sera déterminé par sa projection m sur Σ_0 et par son abscisse $x = \overline{mM}$.

Posons

$$m(X) = \underset{x=X}{\text{borne sup}}\, u(M),$$
$$\mu(X) = \underset{x=X}{\text{borne sup}}\, u(M)\, e^{-X\sqrt{\lambda_0}}\varphi_0(m),$$
$$\gamma = \underset{0<X<\infty}{\text{borne sup}}\, \mu(X).$$

Théorème. — *Si* $u(M)$ *est sous-harmonique dans* D *et telle que*

$$(a) \qquad \overline{\lim_{M\to P}}\, u(M) \leqq 0$$

en tout point frontière P *de* D *à distance finie;*

$$(b) \qquad \overline{\lim_{x\to+\infty}}\, m(x)\, e^{-x\sqrt{\lambda_0}} = \lambda < \infty,$$

alors on a les résultats suivants :

α. γ *est fini et l'ensemble des points où* $u(M) < \gamma e^{x\sqrt{\lambda_0}}\varphi_0(m)(1-\varepsilon)$ *est effilé à l'infini relativement à* D, *quel que soit* $\varepsilon > 0$.

β. $u(M)e^{-x\sqrt{\lambda_0}}$ *tend vers* $\varphi_0(m)$ *lorsque* M *tend vers l'infini sur une génératrice, excepté au plus pour un ensemble de génératrices découpant sur* ε_0 *un ensemble de capacité extérieure nulle.*

γ. $\mu(x)$ tend vers γ lorsque $x \to +\infty$.

δ. $m(x)e^{-x\sqrt{\lambda_0}}$ tend vers $k\gamma$ si $\gamma > 0$ et vers zéro si $\gamma \leqq 0$ [k désignant le maximum de $\varphi_0(m)$], de sorte que $\lambda = k\gamma^+$ et que $u(M)$ satisfait dans D à l'inégalité

$$(2) \qquad u(M) < \frac{\lambda}{k} e^{x\sqrt{\lambda_0}}\varphi_0(m).$$

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les extensions de groupes topologiques.* Note de M. **Lorenzo Calabi**, transmise par M. Élie Cartan.

Cette Note fait suite à une Note antérieure [1].

Soit E(B, F) une extension topologique du groupe F par le groupe B. Si f est une représentation continue d'un groupe B′ dans B et p la projection canonique de E sur B, l'ensemble des couples (x', z), pour $x' \in B'$ et $z \in E$, avec $f(x') = (z)p$ est un sous-groupe E_f du groupe topologique produit $B' \times E$ et est muni d'une structure d'extension topologique $E_f(B', F)$. Si E(B, F) est fibrée, il en est de même de $E_f(B', F)$; si f est un isomorphisme local [2], l'application $(x', z) \to z$ est un isomorphisme local de $E_f(B', F)$ sur E(B, F); si E(B, F) et B′ sont des groupes de Lie, il en est de même de $E_f(B', F)$.

G étant un groupe localement compact (resp. un groupe de Lie connexe), soit $\mathfrak{A}(G)$ le groupe des automorphismes de G muni de la topologie de la

---

(1) L. Calabi et C. Ehresmann, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1551.
(2) N. Bourbaki, *Topologie générale*, Chap. III, § 1, N. 3.

convergence compacte ([3]) (resp. muni de sa structure de groupe de Lie). Notons alors $\mathfrak{A}^*(G)$ le groupe opposé ([4]) de $\mathfrak{A}(G)$ et p^* la projection canonique de $\mathfrak{A}^*(G)$ sur le groupe opposé du quotient de $\mathfrak{A}(G)$ par le sous-groupe des automorphismes intérieurs.

Définition. — Une extension E(B, F) est dite *inessentielle* (resp. *localement inessentielle*) s'il y a un isomorphisme (resp. un isomorphisme local) de B dans E qui se projette sur l'identité.

Les extensions localement inessentielles sont celles qui admettent un sous-groupe sur lequel la projection canonique détermine une structure de groupe revêtement de B ; elles sont toujours fibrées. Les extensions inessentielles ont une structure fibrée isomorphe à celle de l'espace produit $B \times F$.

On sait ([5]) qu'à toute extension algébrique de F par B peut être associé un couple (g, χ), où g est une application de $B \times B$ dans F et χ une application de B dans le groupe des automorphismes algébriques de F ; g et χ doivent satisfaire à certaines relations. Réciproquement à tout couple (g, χ) on peut faire correspondre une extension (en général non topologique) de F par B. On a

PROPOSITION 1. — *Soient* B *et* F *deux groupes topologiques ; soit* (g, χ) *un couple définissant une extension de* F *par* B *et équivalent* ([6]) *à un couple* (g', χ') *tel que :*

a. pour tout $x \in B$, $\chi'_x = \chi'(x)$ *est un automorphisme du groupe topologique* F.

b. il existe un voisinage U *de l'élément neutre de* B *tel que :* 1° g' *est continue sur* $U \times U$; 2° $(x, y) \to \chi'_x(y)$, *pour* $y \in F$, *est continue sur* $U \times F$.

(g, χ) *détermine alors une et, à un isomorphisme près, une seule extension fibrée* E(B, F). *Si, de plus :*

c. g' *est constante, l'extension* E(B, F) *est inessentielle. Réciproquement toute extension fibrée (resp. inessentielle)* E(B, F) *peut être déterminée par un couple* (g', χ') *vérifiant a. et b. (resp. et c.).*

Remarques. — 1. Si F est localement compact ou est un groupe de Lie, la condition b_2 est équivalente à l'autre : χ' est une application dans $\mathfrak{A}(F)$, continue sur U. 2. Si g' est constante, sa valeur est l'élément neutre de F et χ' est une *représentation* dans $\mathfrak{A}^*(F)$.

Pour F localement compact ou de Lie, soit $\mathcal{F}(\mathfrak{A}^*(F), F)$ l'extension topologique de F par $\mathfrak{A}^*(F)$ définie sur l'espace produit $\mathfrak{A}^*(F) \times F$ par la loi de composition $(\alpha, y)(\alpha', y') = (\alpha\alpha', \alpha'(y)y')$, $\alpha, \alpha' \in \mathfrak{A}^*(F)$, $y, y' \in F$ et soit E(B, F) une extension inessentielle définie par (g, χ) avec g const. L'extension $\mathcal{F}_\chi(B, F)$ est alors isomorphe à E(B, F) ; et, pour que $\mathcal{F}_{\chi_1}(B, F)$ et $\mathcal{F}_{\chi_2}(B, F)$ soient isomorphes, il faut et il suffit que $p^* \circ \chi_1 = p^* \circ \chi_2$ ([5]).

([3]) *Voir* par exemple J. DIEUDONNÉ, *Amer. J. of Math.*, 70, 1948, p. 659.

([4]) N. BOURBAKI, *Algèbre*, Chap. I, § 6, N. 1.

([5]) *Voir* par exemple H. ZASSENHAUS, *Gruppentheorie*, Chap. III, § 6.

([6]) Deux couples (g', χ'), (g, χ) sont dits *équivalents* s'ils déterminent des extensions algébriques isomorphes.

Les extensions localement inessentielles sont déterminées par la

Proposition 2. — *Soient* B *et* F *deux groupes topologiques connexes et localement simplement connexes. A tout sous-groupe discret* K *du centre de* F *isomorphe à un groupe quotient de* $\pi(B)$ *et à toute extension inessentielle* $E'(B, F/K)$ *correspond une et une seule extension localement inessentielle* $E(B, F)$ *qui admette le groupe revêtement connexe* $\hat{B}(B, K)$ (7) *comme sous-groupe se projetant sur* B. *Réciproquement à toute extension localement inessentielle* $E(B, F)$ *correspond un sous-groupe* K *et une extension inessentielle* $E'(B, F/K)$ *où* $E' = E/K$.

Corollaire. — *Si* B *et* F *sont deux groupes de Lie connexes dont* B *semi-simple, toute extension de Lie* $E(B, F)$ *est déterminée par la donnée d'un sous-groupe discret* K *du centre de* F *isomorphe à un groupe quotient de* $\pi(B)$ *et d'une représentation continue* χ *de* B *dans* $\mathcal{A}^*(F/K)$.

L'importance des extensions localement inessentielles est mise en évidence aussi par les résultats suivants :

Proposition 3. — *Soient* B *et* F *deux groupes connexes et localement simplement connexes et soit* $\hat{B}$ *un groupe revêtement de* B *tel que toute extension* $\hat{E}(\hat{B}, F)$ *soit isomorphe à l'extension triviale. Alors toute extension* $E(B, F)$ *est localement inessentielle et localement isomorphe au groupe produit* $B \times F$.

Corollaire. — *Dans les hypothèses de la proposition* 3, *toutes les extensions* $E(B, F)$ *sont déterminées par un sous-groupe discret du centre de* F, *isomorphe à un groupe quotient de* $\pi(B)$.

On a déjà montré (8) que les hypothèses de la proposition 3 sont vérifiées si B et F sont des groupes de Lie compacts; il en est de même si B et F sont deux groupes de Lie dont F semi-simple, car on a la

Proposition 4. — *Soient* B *et* F *deux groupes de Lie connexes, dont* B *simplement connexe et* F *semi-simple. Alors toute extension de Lie* $E(B, F)$ *est isomorphe à l'extension triviale.*

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la perturbation de l'écoulement laminaire.* Note (*) de M. Raymond Comolet, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous avons déjà signalé l'importance de certaines causes de perturbations introduisant la turbulence au sein de l'écoulement laminaire existant dans un tuyau cylindrique (1). Par la suite nous avons cherché à préciser l'influence d'une petite rentrée de liquide s'effectuant par un trou percé dans la paroi du tube. Nous avons utilisé le même dispositif expérimental qu'indiquait la précé-

(7) *Voir* (1) Proposition 1.
(8) *Voir* (1) Proposition 5.

(*) Séance du 11 juillet 1949.
(1) R. Comolet, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2049.

dente Note avec l'intention de vérifier l'hypothèse suivante émise par M. Fortier : la turbulence se produirait dans le tube pour un *nombre de Reynolds du trou* vd/ν dépendant de certains paramètres qu'il fallait déterminer (v est la vitesse moyenne de l'écoulement à travers le trou de diamètre d, ν la viscosité cinématique du fluide utilisé).

Le tube de verre, lisse, muni d'un pavillon à son entrée, est percé à mi-longueur d'un trou T de faible dimension. Ce trou est réalisé à l'aide d'une mèche à verre actionnée à la main. Le diamètre D du tube est 5 à 30 fois supérieur à celui du trou. Grâce à un manchon M facilement amovible, le trou T est relié par un tube de caoutchouc à un tube de verre horizontal H dont la cote h est réglable à volonté (*fig.* 1).

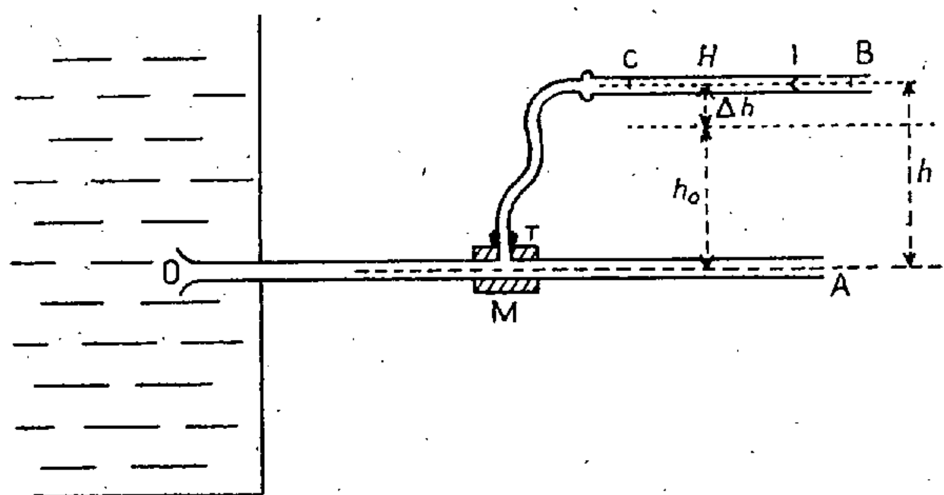


Fig. 1. — Dispositif expérimental.

Quand le régime laminaire est établi dans la conduite principale OA, le ménisque I du tube H reste immobile pour une certaine valeur h_0 de h. On mesure, pour différentes valeurs croissantes de $\Delta h (\Delta h > 0)$, le temps t mis par le ménisque pour franchir la distance constante BC, donc pour que s'écoule à travers T un volume connu d'eau. Cela permet de déterminer, par extrapolation, le débit critique, donc la vitesse critique v correspondant à la production de la turbulence : cette turbulence se manifeste par un régime d'écoulement en saccades (flashing) et par l'oscillation du ménisque I.

L'expérience montre qne pour un tube donné et un trou donné, la vitesse critique augmente légèrement quand V augmente (V est la vitesse moyenne dans le tube OA). La relation semble être linéaire, la pente de la droite est d'autant plus faible que le trou T est plus gros et qu'il est plus circulaire ([2]).

([2]) Les trous obtenus dans le verre par la méthode indiquée ci-dessus, observés au microscope, présentent rarement une apparence parfaitement circulaire, surtout s'ils sont très petits. La plupart du temps, ils ont une forme elliptique plus ou moins régulière et parfois déchiquetée à cause des petites écailles de verre arrachées lors du percement. Dans nos calculs nous avons assimilé ces trous à des ellipses et d au double du rayon hydraulique. Les résultats obtenus manquent donc de précision, mais sont toutefois suffisamment approchés pour être utilisés.

D'autre part, lorsqu'on se fixe V, la vitesse critique diminue quand le trou s'agrandit.

Nous avons opéré dans un domaine $R = VD/\nu$ variant de 2000 à 13 000 environ avec des tubes dont les diamètres ont varié de 2 à 6^{mm}. Si l'on porte sur un graphique le nombre de Reynolds du trou $y = vd/\nu$ en fonction du paramètre sans dimension $x = v/V \times D/d$, les points expérimentaux se trouvent sensiblement sur une même courbe dont l'ordonnée décroît lorsque x croît; cette ordonnée tend vers une valeur limite voisine de $y = 140$ quand x est grand (*fig.* 2).

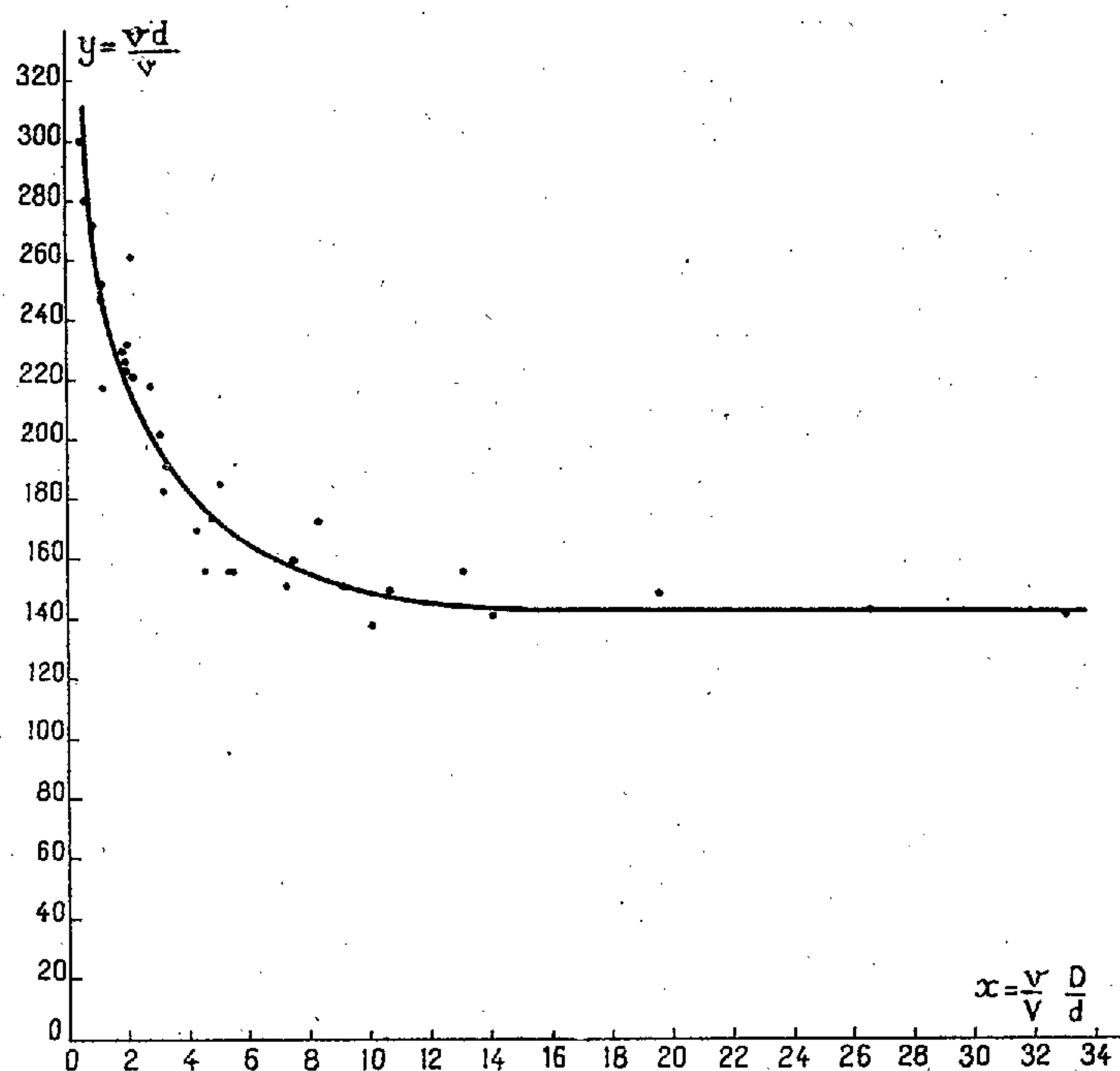


Fig. 2. — Courbes donnant $y = \frac{vd}{\nu}$ en fonction de $\frac{v}{V} \cdot \frac{D}{d}$.

Ces résultats permettent donc de préciser le caractère perturbateur de l'écoulement additionnel par son nombre de Reynolds, fonction d'un nombre sans dimension s'exprimant à l'aide des paramètres de la conduite.

MAGNÉTISME. — *Champ coercitif et dimension cristalline.* Note (*) de M. **Félix Bertaut**, transmise par M. Pierre Chevenard.

Les propriétés magnétiques d'une poudre de fer dépendent largement de sa texture. Cette Note étudie plus particulièrement la relation entre le champ coercitif et les dimensions de Bragg.

(*) Séance du 1er août 1949.

D'après la théorie de Néel ([1]) l'existence de champs coercitifs élevés dans les poudres de fer est liée, non pas à des perturbations de réseau, mais à la réunion de trois conditions essentiellement géométriques, à savoir : 1° dimensions cristallines au-dessous d'une dimension critique de 320 Å, où chaque cristallite constitue un domaine de Weiss, 2° interactions négligeables entre cristallites, donc grande porosité des poudres, et 3° anisotropie de forme extérieure (grains elliptiques).

Des poudres de fer spongieuses ont été préparées à des températures variées par réduction d'une heure, dans l'hydrogène, de formiate ferreux ([2]). La dimension des cristallites ([3]) a été mesurée d'après la largeur de raie Debye-Scherrer, corrigée des élargissements parasites spectraux (dispersion et doublet) et géométriques (fente). La courbe I représente la croissance des cristallites en fonction de la température de préparation. La variation du champ coercitif H_c des poudres à 20° C, en fonction de la dimension mesurée, est donnée par les courbes II. L'aimantation rémanente montre une allure analogue. Par une étude combinée des largeurs et des intensités des raies D-S nous avons vérifié l'absence de perturbations du réseau dans les poudres à champ coercitif élevé. Celles-ci se trouvent effectivement correspondre à des particules inférieures à 320 Å. La deuxième condition de Néel ([4]) est également réalisée dans ces poudres spongieuses et pyrophoriques (densité de tassement de 1,3 dans une poudre réduite à 300° C). Quant à la forme des cristallites, l'examen comparé des raies (110), (200) et (211) n'a pas révélé une anisotropie de forme *cristallographique*. L'analyse de Fourier d'une raie D-S (poudre 300° C) montre que la fluctuation quadratique des diamètres cristallins autour d'une dimension moyenne est de l'ordre de 20 %. Ceci n'est pas incompatible avec l'anisotropie de forme *extérieure* (non cristallographique) exigée par Néel.

L'existence d'une dimension optimum où H_c est de l'ordre de 1000 gauss et l'allure de la branche II*a*, très rapidement descendante (*fig.*) suggèrent l'existence d'une dimension critique inférieure au-dessous de laquelle la substance se comporte, du moins à la température ordinaire, comme un paramagné-

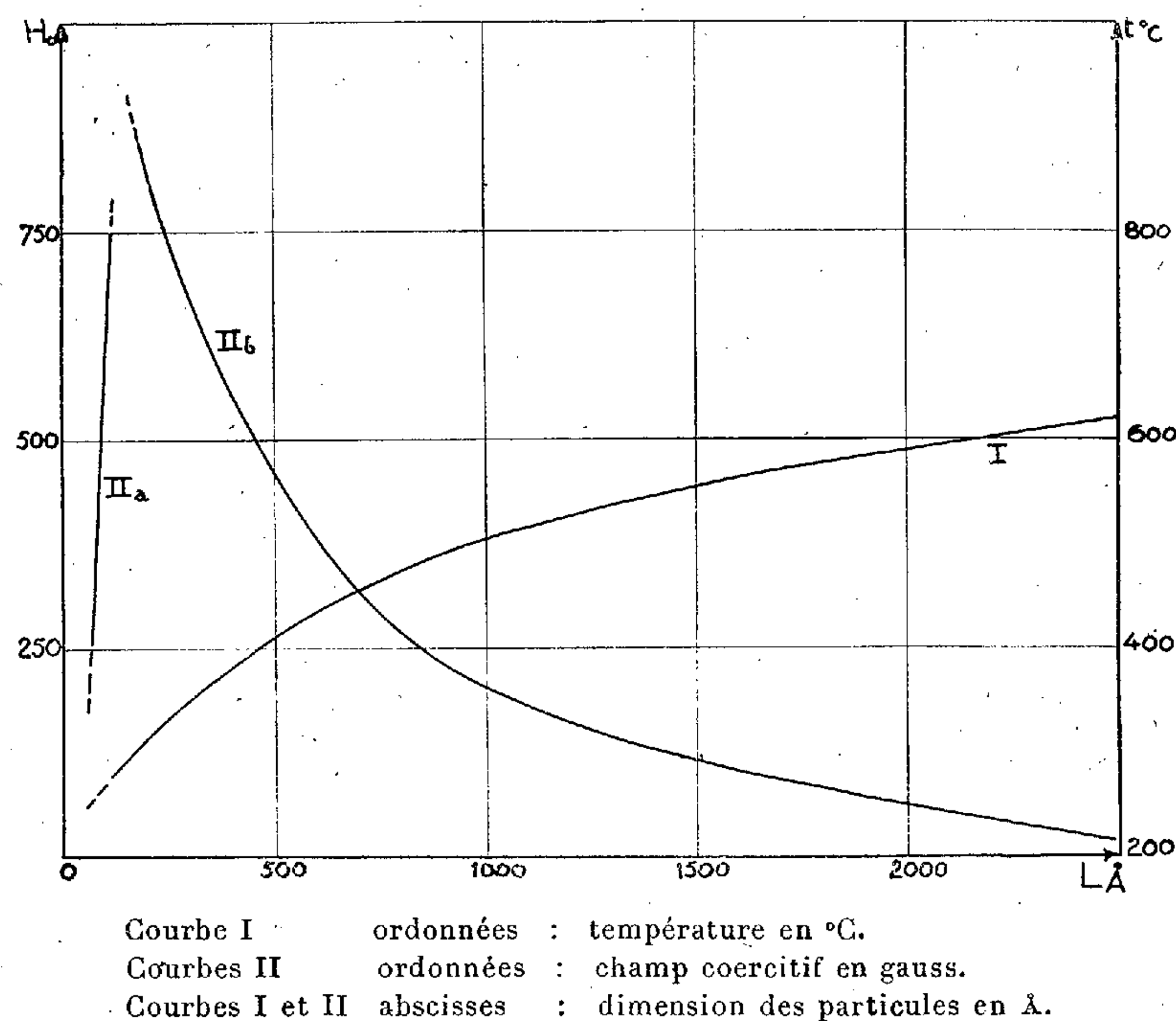
([1]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1488 et 1550.

([2]) Brevet français, dép. Chambéry, n° pv, 323, 7 avril 1942 (procédé L. Néel, L. Weil, J. Aubry).

([3]) Il s'agit de la dimension apparente définie dans *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 187 et p 492.

([4]) Cette condition essentielle n'est pas remplie, par exemple, dans les poudres de fer E préparées par décomposition industrielle de fer carbonyle; ces poudres, d'après nos mesures, sont constituées par des micro-domaines cristallisés de 80 à 100 Å, assemblés en sphérules de l'ordre du micron et d'une très grande compacité. Le champ coercitif d'une telle poudre est faible (5 Gauss) et du même ordre que dans la substance massive.

tique (5). Cependant, la présence de l'oxyde Fe_3O_4 magnétique, non complètement réduit dans les préparations faites au-dessous de 290° C, complique



Courbe I ordonnées : température en °C.
Courbes II ordonnées : champ coercitif en gauss.
Courbes I et II abscisses : dimension des particules en Å.

la situation. Nous espérons que l'étude des poudres de Ni tranchera cette question.

OPTIQUE MOLÉCULAIRE. — *L'anisotropie du pouvoir rotatoire naturel de l'acide tartrique.* Note de M. **Maurice Lévy**, présentée par M. Jean Becquerel.

En dépit de plusieurs tentatives, la comparaison des rotations moléculaire et cristalline d'une même substance n'a pas donné jusqu'ici de résultats bien nets. C'est qu'à la rotation moléculaire se superpose, dans tous les cristaux étudiés, un pouvoir rotatoire de structure de grandeur indéterminée qui masque l'influence de l'anisotropie moléculaire.

L'acide tartrique est un des rares composés actifs qui ne présentent pas cet inconvénient. En effet, la structure du cristal (1) résulte de la superposition

(5) *Voir* la théorie récente du temps de relaxation d'un ensemble de grains aimantés. L. Neel, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 664 et *Annales de Géophysique* (à paraître). Le temps au bout duquel l'ensemble se désaimante est une fonction rapidement décroissante du rapport v/T ; v volume du grain, T température absolue.

(1) W. T. Astbury, *Proc. Roy. Soc.*, **102**, 1922, p. 506; C. A. Beevers et F. Stern, *Nature*, **162**, 1948, p. 854.

de deux réseaux qui se déduisent l'un de l'autre par une rotation de 180° autour de l'axe binaire b, suivie d'une translation. Comme il n'existe pas de pouvoir rotatoire de structure, le pouvoir rotatoire cristallin suivant l'un ou l'autre des axes optiques (qui jouent le même rôle, en raison de leur symétrie par rapport à b) est égal à celui d'un milieu de même densité, où toutes les molécules seraient disposées parallèlement les unes aux autres.

On sait que les anomalies de dispersion rotatoire observées en solution s'expliquent ([2]) par l'existence de trois composés isomères : α lévogyre, β et γ dextrogyres. Pour plusieurs raisons, l'acide α peut être considéré comme identique à celui qui compose le cristal. Nous avons calculé, à partir des mesures de MM. Longchambon ([3]) et Descamps ([4]), les forces rotatoires *de l'acide* α liées à la bande active du proche ultraviolet, dont le maximum est situé aux environs de $\lambda_0 = 2330$ Å. Nous avons trouvé, pour la force rotatoire d'une molécule suivant l'un des axes optiques :

$$R_0 = 22,37.10^{-40}, \tag{1}$$

et pour la valeur moyenne de cette force rotatoire, correspondant à toutes les orientations possibles des molécules :

$$\overline{R}_0 = 2,953.10^{-40}. \tag{2}$$

L'anisotropie moléculaire de la rotation est donc particulièrement nette.

Il est possible, en utilisant ces résultats et ceux qui sont fournis par la mesure des réfractivités, de déterminer, dans le cadre de la théorie que nous avons développée précédemment ([5]), la position et la grandeur des deux vecteurs caractéristiques $\vec{p}_0$ et $\vec{m}_0$ liés à la transition λ_0 : $\vec{p}_0$ est le moment électrique, $\vec{m}_0$ le moment magnétique orbital qui résultent du mouvement, dans la molécule non perturbée, de l'électron responsable de cette transition. La figure 1 résume la structure électronique ainsi déterminée : L'angle β de la maille orthorhombique est égal à 100°17'. Ox, Oy, Oz sont les axes de l'ellipsoïde de polarisabilité (pour la raie D) : Oz coïncide avec b, Ox fait, dans le plan (a, c), l'angle $\omega = 8°8'$ avec a. Les deux axes optiques $\vec{K}_1$ et $\vec{K}_2$ sont situés dans le plan xOz, et font l'angle $V = 38°32'$ avec Ox. Les vecteurs $\vec{p}_0$ et $\vec{m}_0$ sont dans le plan (a, c); $\vec{p}_0$ fait avec Ox l'angle $\varphi_0 = 37°24'$; $\vec{m}_0$ est situé, par rapport à Ox, du même côté que $\vec{p}_0$; il fait avec ce dernier l'angle $\gamma_0 = 86°12'$.

([2]) R. Lucas, *Ann. de Phys.*, **9**, 1928, p. 381.
([3]) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 951.
([4]) *Thèse*, Bruxelles, 1928.
([5]) M. Lévy, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 652.

Enfin, les modules de $\vec{p}_0$ et $\vec{m}_0$ ont pour valeurs :

(3) $$|p_0| = 11,01.10^{-18}; \qquad |m_0| = 4,04.10^{-22}.$$

Les données numériques qui précèdent permettent de déterminer encore

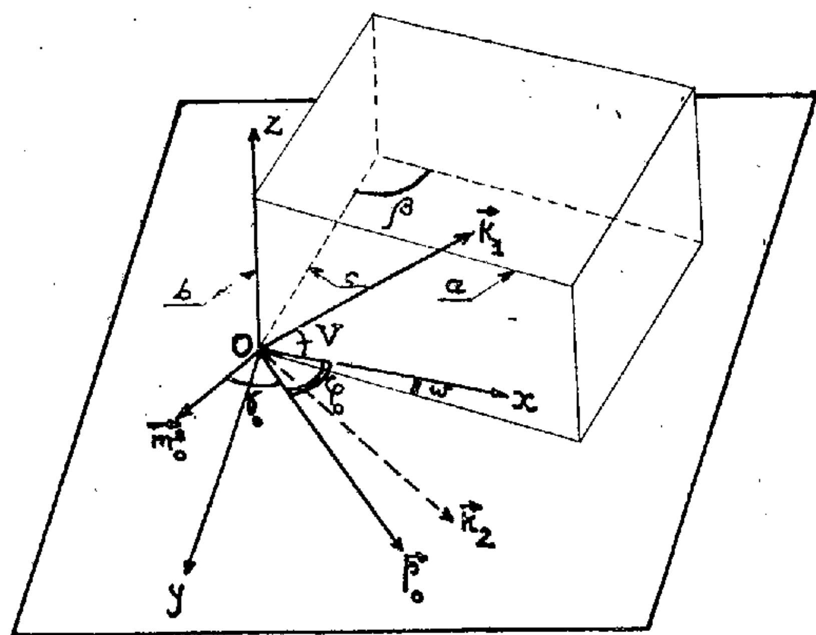


Fig. 1.

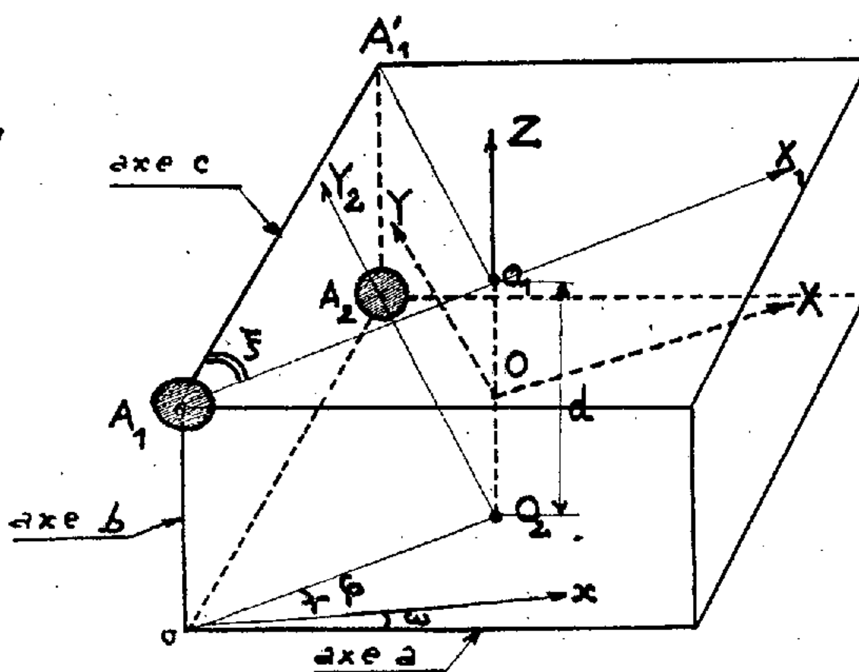


Fig. 2.

l'intensité f_0 et le facteur de dissymétrie g_0 de la bande λ_0. On trouve, pour une molécule, et suivant la direction de $\vec{K}_1$ ou $\vec{K}_2$:

(4) $$f_0 = 2,291, \qquad g_0 = 8,02.10^{-5},$$

et, en solution, les valeurs moyennes :

(5) $$\bar{f}_0 = 2,488, \qquad \bar{g}_0 = 0,974.10^{-5}.$$

La variation de g_0, mise en évidence par (4) et (5), est liée à une anisotropie moléculaire du dichroïsme circulaire.

On peut enfin préciser, dans une certaine mesure, l'origine du pouvoir rotatoire lui-même, en utilisant le modèle de Kuhn. La figure 2 illustre cette application. Nous avons attribué les deux transitions caractéristiques du modèle à des électrons $2p$ de deux atomes d'oxygène des groupes OH, ne participant pas aux liaisons. Ces deux atomes sont en A_1 et A_2. OX, OY et OZ sont les axes de la molécule de Kuhn : OZ coïncide avec b; OX fait avec Ox l'angle $\varphi = 27°6'$. Les longeurs caractéristiques de la molécule ont pour valeur :

(6) $$d = O_1A_1 = O_2A_2 = 0,54 \text{ Å}.$$

L'angle ξ, déterminé directement, vaut 44°29', soit sensiblement 45°; ceci confirme le rôle symétrique des deux particules du modèle. La distance d est

liée au nombre quantique principal n_0 de l'électron responsable de la transition λ_0 par la relation :

$$d = \frac{1}{\pi}\frac{\lambda_0 \bar{g}_0}{\cos\gamma_0}\left[\left(\frac{n_0+1}{2}\right)^{\frac{1}{2}} + \left(\frac{n_0}{2}\right)^{\frac{1}{2}}\right]^2. \tag{7}$$

On en déduit $n_0 = 2$, ce qui confirme l'hypothèse que nous avons faite sur l'origine du pouvoir rotatoire.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'activité de l'argent irradié par les deutons de 6,5 MeV à des profondeurs excédant le parcours de ceux-ci.* Note (*) de Mlle **Catherine Chamié**, Mme **Henriette Faraggi** et M. **Roger Nataf**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Des expériences précédentes (¹) ont montré qu'il existe une radioactivité des lames d'argent irradiées par des deutons, à des profondeurs supérieures au parcours normal. Nous avons cherché à identifier le rayonnement responsable de ces activités et à examiner son intensité en fonction de la profondeur.

Des lames d'argent superposées de 21 mg/cm² ont été irradiées pendant 30 à 45 minutes par des deutons de 6,5 MeV avec une intensité de 6 μA. Les mesures ont commencé 30 minutes après. On mesurait les intensités relatives, les absorptions et les décroissances des différentes lames. Les résultats sont les suivants :

1° Au delà du parcours des deutons, on observe deux maxima d'intensité situés l'un à environ 140 mg/cm² et l'autre entre 160 et 180 mg/cm², la dernière lame étant inactive (*fig.* 1). La position des maxima varie de 2 à 4 % avec la région du faisceau reçu par la lame.

2° Nous avons étudié l'absorption du rayonnement des différentes lames à l'aide d'un compteur à paroi très mince (3 mg/cm²). Les courbes d'absorption à travers Al (*fig.* 2) montrent la variété du rayonnement suivant la profondeur. Les lames à maxima présentent un rayonnement très absorbable qui existe également dans la première lame et en proportion plus faible dans les autres.

Les clichés Wilson, faits par M. Teillac, et la séparation chimique ont permis d'identifier le $^{107}_{48}$Cd (6,67 h). La majeure partie du rayonnement des maxima d'intensité est donc due à ce Cd; toutefois, l'étude de la décroissance à travers un écran de 27 mg/cm² Al montre la présence d'une période résiduelle de l'ordre de 13 heures d'intensité faible (1/7 du rayonnement total de la lame nue).

(*) Séance du 18 juillet 1949.

(¹) C. Chamié et H. Filcakova, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1289; *Journ. de Phys. et Rad.* (paraîtra prochainement); C. Chamié, H. Farragi et B. Marquès, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 358.

3° Les lames d'Ag irradiées par les neutrons secondaires du faisceau des deutons ont montré une activité négligeable.

4° Nous avons cherché à vérifier le parcours des deutons dans l'Ag à l'aide des plaques photographiques Ilford Nuclear Research type E1. Et nous avons constaté la présence de protons s'étendant au moins jusqu'à 300 mg/cm², soit d'une énergie d'environ 9 MeV.

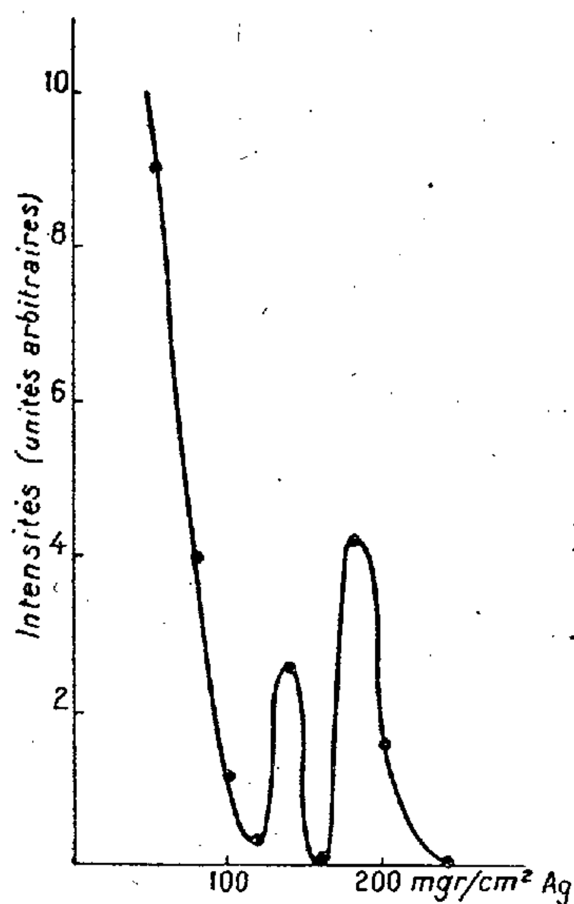


Fig. 1.

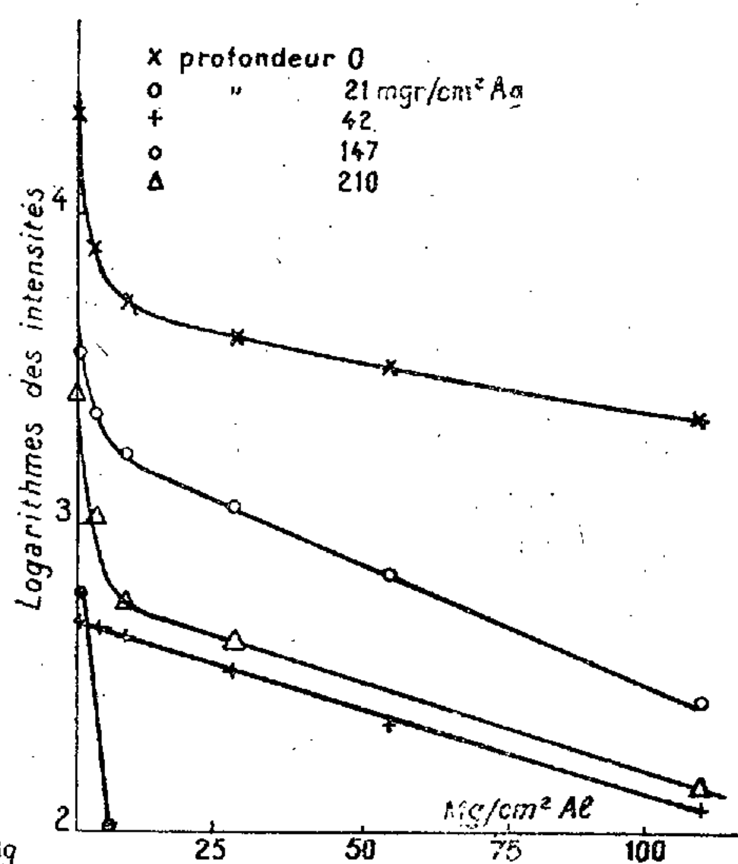


Fig. 2.

La présence de ces protons peut être attribuée à une réaction (d, p) et en particulier à la réaction $^{2}_{1}H(d, p)^{3}_{1}H$ (deutérium absorbé par la surface de la cible). On peut donc penser que le Cd se forme en profondeur par réaction (p, n), comme il se forme en surface, par réaction $(d, 2n)$. Il faudrait alors admettre que cette réaction donne lieu à des phénomènes de résonance pour les protons de certaines énergies. Signalons toutefois que le rapport de l'intensité initiale des maxima à l'intensité de la première lame à la surface étant supérieur à 10^{-4}, cette hypothèse conduit à une section efficace de la réaction (p, n) particulièrement élevée.

En résumé : il existe dans l'argent au delà du parcours des deutons une région d'environ 300 mg/cm² où l'on peut déceler les protons, et où il se forme du $^{107}_{48}Cd$ à des profondeurs bien définies indiquant les captures par résonance.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Synthèse de* Cu_2S *par compression des poudres à température ordinaire*. Note de MM. **Roger Molé** et **Raymond Hocart**, présentée par M. Charles Mauguin.

Nous avons cherché à préciser les résultats expérimentaux de Spring ([1]) sur la production des sulfures de cuivre. Cet auteur comprimait à température ordinaire de la poudre de cuivre et de soufre. Il n'a pas indiqué avec certitude la ou les phases obtenues, à la suite des compressions (7000^{atm}) et pulvérisations successives.

Nous avons pris du cuivre électrolytique et du soufre passés au tamis 300 (grains inférieurs à 50μ) et mélangés dans les proportions 9Cu, 5S qui approchent suffisamment de la composition Cu_2S et en même temps représentent la composition de la phase Cu_9S_5 (digénite).

En effet, la digénite est souvent associée à la chalcosine dans les échantillons naturels (nous avons vérifié cette association notamment dans de la chalcosine de Redruth, au moyen des diagrammes de Debye-Scherrer); d'autre part, cette phase Cu_9S_5, préparée par voie humide et à température ordinaire ([2]), est accompagnée d'une petite quantité de Cu_2S (chalcosine).

Par compression unilatérale, nous avons préparé des pastilles :

1° Sous une pression de 5700 kg/cm² maintenue arbitrairement pendant 15 minutes ;

2° Sous une pression de 1600 kg/cm² maintenue arbitrairement pendant 24 heures ;

3° Sous une pression de 1600 kg/cm² maintenue arbitrairement pendant 7 jours.

Dans le cadre des données ci-dessus le résultat qualitatif du pastillage est indépendant de la pression et de la durée de pression.

Après polissage, l'examen au microscope métallographique révèle essentiellement trois phases, dont l'une dominante est gris clair; cette phase est accompagnée de cuivre et de soufre.

Les pastilles traitées par l'ammoniaque diluée pour éliminer le cuivre se désagrègent; le soufre libre est ensuite éliminé par le sulfure de carbone. Après lavage à l'alcool et dessiccation sous un vide de 1^{mm} de mercure, la poudre est dans chaque cas examinée par la méthode de Debye-Scherrer.

Les diagrammes ainsi obtenus reproduisent très exactement celui de la chalcosine de Bristol (Connecticut), réputée très pure.

([1]) W. Spring, *Bull. Soc. Chim. Franç.*, (2), 39, 1883, p. 641; (2), 41, 1884, p. 492.

([2]) R. Hocart et R. Molé, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1138.

Dans les conditions présentes il se forme donc un seul sulfure de cuivre qui a pour formule Cu_2S et dont la structure est celle de la chalcosine orthorhombique (low chalcocite).

Il est à remarquer que la densité du sulfure de cuivre cubique Cu_9S_5 type digénite, non présent dans cette synthèse sous pression, est de 5,2, tandis que celle de la chalcosine orthorhombique est de 5,8 ([3]).

LITHOLOGIE. — *Sur une météorite tombée le 26 février 1947, à Seldebourak, au Hoggar (Sahara central).* Note de Mme **Élisabeth Jérémine** et M. **Maurice Lelubre**, présentée par M. Albert Michel-Lévy.

La météorite étudiée dans cette Note, recueillie par l'un de nous, devait faire l'objet d'une étude de M. Lacroix qui en fit faire l'analyse et des préparations.

La chute a eu à lieu le 26 février 1947, vers $15^h,45$, à 55 kilomètres à l'Ouest de Tamanrasset, entre l'oued Seldebourak et l'oued Ti-n-Haguen, au Sud de la saline de Seldebourak. D'après le récit du touareg Siking ag Kabi, qui se trouvait sur les lieux, on entendit un bruit très fort, comme celui d'un moteur, et l'on vit dans le ciel, à grande hauteur, une masse incandescente rouge sombre mêlée de fumée qui venait de l'Ouest, laissant derrière elle une traînée de fumée hélicoïdale; arrivé au-dessus de la région de Seldebourak, le météore explosa violemment et une épaisse fumée noire couvrit la région jusqu'au soir. Le pays est formé de vastes coulées basaltiques au milieu desquelles Sikin ag Kabi put retrouver un élément de la météorite qui s'était lui-même brisé en heurtant un bloc de basalte et dégageait, une demi-journée après la chute, une *mauvaise odeur,* c'est ce fragment qui a pu être recueilli un mois plus tard, encore en place.

D'autres observateurs ont pu corroborer ce récit ([1]). M. Dubot, radio S.T.S., a vu, depuis la région d'Amsel (55^{km}), une traînée bleu foncé en forme d'hélice (deux spires persistant une douzaine de minutes). M. Donitch, astronome, observa « deux nuages bleu foncé en forme d'anneaux et superposés ». Enfin, deux goumiers qui se trouvaient à 80^{km} à l'Est-Nord-Est ont vu le champignon de fumée gris noir.

La météorite recueillie, de la taille d'un gros œuf, pesait environ 150^g (les fragments conservés au Muséum d'Histoire Naturelle pèsent 113^g). Elle était recouverte d'une croûte d'un noir de poix, épaisse de moins de $0^{mm},5$, régulière et très finement granuleuse. La cassure est gris très clair, et l'on voit qu'elle est constituée principalement par des chondres qui ressortent parfois en boules parfaitement sphériques de 2 à 3^{mm} de diamètre, avec abondance de minerai très disséminé en fines particules.

([3]) M. J. Buerger et N. W. Buerger, *Amer. Min.*, 29, 1944, p. 55-65.

([1]) D'après l'enquête faite par M. Lacaze, de l'Institut de Physique du Globe et de météorologie d'Algérie.

L'étude microscopique montre que cette météorite est composée essentiellement par de l'olivine (2V grand, signe optique négatif), en cristaux soit réguliers, soit fragmentaires; ce minéral est, le plus souvent, l'élément constitutif des chondres, au sein desquels ses cristaux et grains sont séparés par une poussière métallique, par le verre, et parfois par de menues plages de feldspath. Le péridot est accompagné par la bronzite et la clinobronzite, rarement par le clinohypersthène (angle des axes 75° autour de n_p) et le diopside. Les chondres et les débris de chondres sont nombreux, simples ou composés, extrêmement variés en ce qui concerne la structure. Le feldspath, fort inégalement distribué en petites plages non maclées, à faible indice de réfraction (oligoclase), occupe des interstices entre les minéraux.

L'examen en lumière réfléchie, dû à l'obligeance de M. Kraut, permet de constater la prédominance de la troïlite qui englobe souvent la pyrrhotine et la magnétite. On les trouve également en cristaux isolés ou dans les chondres, soulignant la structure intime de ces derniers.

Cette météorite présente une analogie remarquable avec celle du Tanezrouft ([2]) dont nous donnons aussi l'analyse ci-contre.

1. Chondrite de Seldebourak (An. Labo. C.N.R.S.).

2. Chondrite du Tanezrouft (An. partie silicatée par Raoult, partie métallique par Jouravsky).

	1.	2.		1.	2.
SiO_2	35,30	37,16	Or	1,67	1,67
Al_2O_3	1,35	1,99	Ab	5,24	8,38
Fe_2O_3	3,20	–	An	0,28	0,28
FeO	11,10	10,10	$CaSiO_3$	2,90	3,02
MnO	0,23	0,18	$MgSiO_3$	0,28	0,28
MgO	24,15	24,52	$FeSiO_3$	0,53	0,66
CaO	1,80	1,87	$MgSiO_3$	16,10	14,60
Na_2O	0,65	0,98	$FeSiO_3$	5,41	4,22
K_2O	0,28	0,29	Mg_2SiO_4	29,54	31,22
TiO_2	0,13	0,32	Fe_2SiO_4	9,18	10,20
P_2O_5	0,25	0,27	Ma	4,64	–
H_2O^+	0,08	–	Ilm	0,30	0,61
Cr_2O_3	0,23	0,32	Chromite	0,22	0,45
			Ap	0,67	0,67
	78,75	78,05			
Fe	18,20	18,88	FeS	4,58	5,63
Ni	1,48	1,36	Ni	1,59	1,36
Co	0,15	0,04	Fe	15,29	15,29
S	1,68	2,05	Fe:Ni	10,1	11,1
	100,26	100,38			
Densité	3,692	3,759			

([2]) A. Lacroix, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 901.

La composition minéralogique et l'analyse chimique permettent de conclure que la météorite de Seldebourak appartient aux *chondrites pliosidérifères* de la classification de M. Lacroix.

PÉDOLOGIE. — *Sur la matière organique du sol fractionnée par densité.* Note de M. **Lucien Turc**, présentée par M. Albert Demolon.

En examinant un sol à l'œil nu, on distingue en général deux formes principales de matière organique très grossièrement mêlées, constituant, selon l'expression de Kubiena, 2 *phases* : d'une part, des débris végétaux ayant conservé leur structure cellulaire, d'autre part, une matière plus évoluée, dont le caractère organique ne se manifeste à l'œil nu que par sa coloration sombre.

Des méthodes de séparation de ces deux phases ont déjà été proposées par Mac Calla ([1]) et Lein ([2]). En collaboration avec S. Hénin ([3]) nous avons utilisé des mélanges de benzène et de bromoforme de densités connues dans lesquels nous portons les échantillons de sols, après destruction des agrégats par l'eau. Les fragments de matière organique peu souillés de matière minérale passent seuls dans les fractions de faible densité; la matière organique intimement liée à la matière minérale est au contraire entraînée par celle-ci dans les fractions de densité supérieure.

Voici, par exemple, les résultats obtenus pour une rendzine :

Densités	$<1,5$	1,5-1,75	1,75-2	2-2,25	2,25-2,5	$>2,5$
Masse de chaque fraction pour cent de terre fine	3	2,5	11	60,5	2	21
C % de la fraction	35,6	31,5	16,5	11,5	2,57	0,675
$\frac{C}{N}$ de la fraction	20,5	16,4	10,3	9	–	8,25

On voit que les fractions de densité inférieure à 1,75 qui renferment 17 % du carbone total, sont constituées principalement de matière organique; il s'agit de débris végétaux grossiers bien reconnaissables. Dans la fraction 2-2,25, qui renferme 64 % du carbone total, c'est au contraire la matière minérale qui domine; là passe la majeure partie de l'argile unie intimement à une matière organique très fine dont le rapport C/N est la moitié de celui des fractions légères; enfin, au-dessus de 2,25 on a presque uniquement des sables calcaires. Ces faits s'accordent parfaitement avec la description de Kubiena ([4]) qui a observé dans de nombreuses rendzines *deux phases nettement distinctes* d'humus, et des grains de calcite isolés.

([1]) T. M. Mac Calla, F. L. Duley et T. H. Gooding, *Soil Science*, 55, 1943, p. 159.
([2]) *Pedology*, n° 10, 1940, p. 41.
([3]) *C. R. Acad. Agr.*, 12 janvier 1949.
([4]) *Entwicklungslehre des Bodens*, 1 vol., 215 p.; Vienne, 1948, p. 72.

Nous avons, d'autre part, comparé une terre de limon restée nue et n'ayant pas reçu de matière organique depuis 17 ans et une terre initialement identique recevant régulièrement du fumier :

Terre non fumée.

Densités	<1,5	1,5–1,75	1,75–2	2–2,25	2,25–2,5	>2,5
Masse de chaque fraction pour cent de terre fine	0	0,5 (1,5–2)		0,3	7,2	92
C % de la fraction	38 (<2)			2,2 (2–2,5)		0,98
$\frac{C}{N}$ de la fraction	40 (<2)			9,6 (2–2,5)		8

Terre fumée.

Densités	<1,5	1,5–1,75	1,75–2	2–2,25	2,25–2,5	>2,5
Masse de chaque fraction pour cent de terre fine	0,5	1,2 (1,5–2)		2,1	19,2	77
C % de la fraction	26,2 (<2)			5,75 (2–2,5)		1,42
$\frac{C}{N}$ de la fraction	20,5 (<2)			10,8 (2–2,5)		9,85

La fraction de densité inférieure à 2 de la terre non fumée est très faible, elle comporte surtout quelques débris de charbon; dans la terre fumée on voit apparaître une fraction de densité inférieure à 2 formée surtout de brins de paille provenant du fumier; d'autre part les fractions plus denses dans lesquelles la matière organique est intimement liée à la matière minérale, voient leur teneur en matière organique fortement accrue, ce qui abaisse leur densité; c'est pourquoi la fraction 2,25-2,5 passe de 7,2 % de l'échantillon total à 19,2 %.

Même pour un humus de Pin formé surtout de sable et de matière organique grossière, les traces de matière organique adhérant au sable ont un rapport C/N nettement inférieur à celui de la matière organique libre.

On peut donc mettre en évidence dans un sol, par la méthode densimétrique, deux types de matière organique, l'une grossière et l'autre fine, plus évoluée, liée à la matière minérale; Lein ([2]) avait obtenu des résultats semblables; dans tous les sols que nous avons étudiés, le rapport C/N de la fraction libre est plus élevé que celui de la fraction liée. La coupure est plus ou moins marquée selon le type de sol, mais de toute façon la méthode permet de donner une valeur quantitative aux observations qualitatives des pédologues.

La séance est levée à 15h 35m.

R. C.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 17 AOUT 1949.

PRÉSIDENCE DE M. GABRIEL BERTRAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Bertil Lindblad**, Correspondant de l'Académie, Directeur de l'Observatoire de Stockholm, **Marcel Gilles Józef Minnaert**, Professeur à l'Université d'Utrecht, **Jan Hendrik Oort**, Professeur à l'Université de Leyde, **Svante Elis Strömgren**, Professeur à l'Université de Copenhague, qui assistent à la séance.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur une propriété singulière de la limite d'une espérance mathématique.* Note de M. **Émile Borel**.

Considérons deux joueurs Pierre et Paul, qui conviennent de jouer à un jeu équitable, tel que pile ou face, un certain nombre de parties, dont le maximum est fixé à n, Pierre ayant cependant le droit d'arrêter le jeu avant que ce maximum soit atteint.

Pierre a, d'autre part, le droit de fixer les enjeux, et les fixe à $(k+1)2^{k-1}$ à la $k^{\text{ième}}$ partie; il termine le jeu dès qu'il a gagné une partie; son gain net est 2^k si cette première partie qu'il gagne a le rang k. Si cependant Pierre perd les n parties et dans ce cas seulement, Paul sera gagnant et son gain sera $n2^n$. On peut appeler cette martingale, martingale de Saint-Pétersbourg (¹).

Les privilèges accordés à Pierre ne modifient pas le caractère équitable de chaque partie, ni de l'ensemble des n parties et il est aisé de vérifier que les espérances mathématiques de gain et de perte sont égales pour les deux joueurs. Pierre peut gagner à l'une quelconque des n parties, après avoir perdu les parties précédentes; en ce cas son gain net est 2^k, si la partie qu'il gagne a le rang k; la probabilité pour qu'il en soit ainsi étant $1/2^k$, son espérance mathématique correspondante est donc l'unité; son espérance mathématique

---

(¹) *Voir* ma Note, *Le paradoxe de Saint-Pétersbourg* (*Comptes rendus*, 229, 1949, p. 404).

totale E est donc, en cas de gain,

$$E = 1 + 1 + \ldots + 1 = n,$$

car le nombre des termes est égal au nombre n maximum des parties.

De son côté Paul ne peut gagner que s'il gagne les n parties; la probabilité est $1/2^n$ et le gain $n.2^n$; son espérance mathématique E′ est donc, en cas de gain,

$$E' = \frac{1}{2^n} . n . 2^n = n.$$

L'espérance mathématique réelle de Pierre sera $E - E'$ et celle de Paul $E' - E$; elles sont toutes deux nulles, conséquence du fait que le jeu est équitable.

Tout cela est très élémentaire et je m'excuse de l'avoir rappelé; mais supposons maintenant que le nombre des parties ne soit pas fixé d'avance et que Pierre ait le droit de prolonger le jeu aussi longtemps qu'il le veut. Les nombres E et E′ augmentent alors indéfiniment avec n et restent constamment égaux entre eux, la différence $E - E'$ étant donc constamment nulle et ayant pour limite zéro pour n infini. Doit-on en conclure que le jeu reste équitable et que les chances de gain des deux joueurs restent égales? Il est évident qu'il n'en est rien et que Pierre est certain de gagner, car il est impossible, s'il parie toujours pour pile, que face sorte indéfiniment. Bien entendu, si l'on se place au point de vue concret, et non au point de vue abstrait du mathématicien, on doit regarder comme impossible, s'il n'y a pas de tricherie, que face sorte un milliard de fois de suite; un tel miracle est aussi impossible que le miracle des singes dactylographes ou que le miracle de Jeans, il n'est cependant pas théoriquement impossible; mais, même pour le mathématicien résolu à ignorer toutes les contingences réelles, il est *impossible* que face soit amené consécutivement une *infinité* de fois; d'autre part, d'après les conventions faites, Paul ne peut avoir un gain que si le jeu s'arrête et nous avons supposé qu'il ne s'arrête pas avant le gain de Pierre.

Il en résulte que si l'espérance mathématique E augmente indéfiniment avec n et devient donc infinie, au sens mathématique du terme, pour n infini, il n'en est pas de même de E′. En effet E′ se présente sous la forme de deux facteurs dont l'un tend vers zéro, tandis que l'autre augmente indéfiniment; mais, pour calculer la *vraie valeur* de E′ pour n infini, on n'a pas le droit d'employer les méthodes usuelles de l'algèbre, en raison de la signification du terme qui devient nul et qui représente une probabilité. Si cette probabilité est rigoureusement nulle, l'événement favorable est impossible et par suite l'espérance mathématique est nulle quelle que soit l'énormité ou même l'infinitude du gain hypothétique.

Si nous convenons de désigner par série de parties l'ensemble des parties qui se termine par le gain de Pierre et si nous supposons que Pierre et Paul

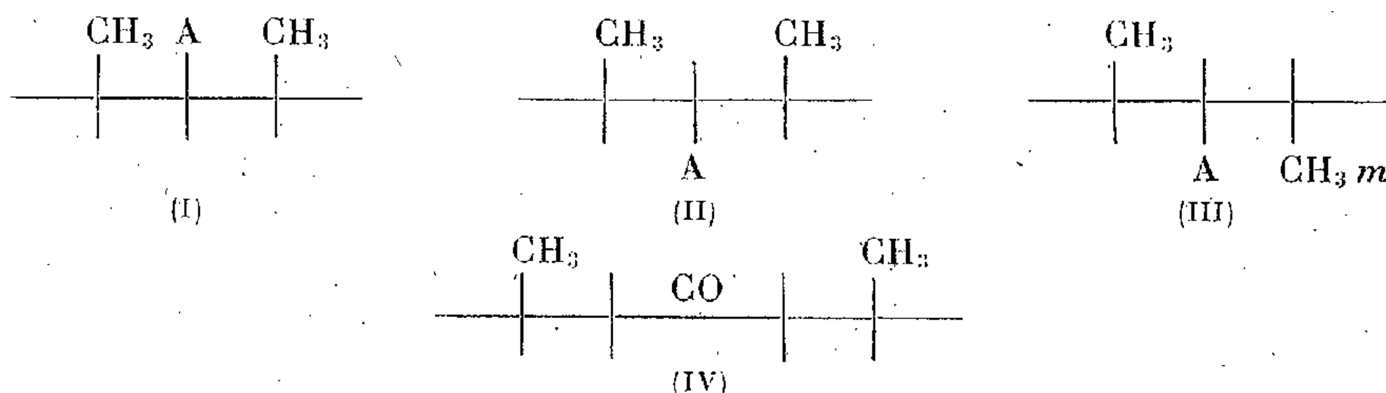
jouent un très grand nombre de séries, la probabilité pour qu'une de ces séries soit infinie reste nulle, quelque grand que soit leur nombre; elle resterait même nulle dans le cas d'une infinité dénombrable de séries.

Lorsqu'on dit que l'espérance mathématique de Pierre est infinie, cela veut dire que la moyenne de ses gains augmente indéfiniment lorsque le nombre des séries augmente indéfiniment; la croissance de cette moyenne est d'ailleurs très lente, car elle est comparable à celle du logarithme du nombre des séries.

Rappelons que tous ces résultats sont obtenus en nous plaçant au point de vue des mathématiciens, qui fut notamment celui de Joseph Bertrand, c'est-à-dire en faisant abstraction des contingences qui ne permettent pas d'envisager un nombre de séries de parties dont la durée dépasserait celle de la vie humaine, ni le payement de sommes correspondant à des milliards de tonnes de métaux précieux. Si l'on admet ces limitations pratiques, on sera conduit à fixer un maximum pour les enjeux et pour le nombre de parties d'une série, ainsi que pour le nombre des séries. La probabilité pour que Paul gagne au moins une série sera alors généralement faible, mais non rigoureusement nulle. Les conclusions dépendront alors du fait que cette probabilité sera ou non considérée comme négligeable.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle étude des αα'-diméthylcyclohexanones et cyclohexanols.* Note (*) de MM. **Pierre Anziani, Raymond Cornubert** et **Michel Lemoine.**

Il a été précédemment décrit deux αα'-diméthylcyclohexanols qui ont été considérés comme répondant aux structures I*a* F42° et II*a* F52°,5 (1) (ces structures vont être ici confirmées) et il a été établi que les αα'-diméthylcyclohexanones *cis* et *trans* constituent un mélange en équilibre (2). De nouvelles recherches ont apporté les précisions suivantes :



(*a* : A = OH, *b* : A = NH_2).

(*) Séance du 8 août 1949.

(1) R. Cornubert, P. Anziani et P. Hartmann, *Bull. de la Soc. chim.*, 1947, p. 402; P. Anziani, A. Aubry et R. Cornubert, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 878.

(2) R. Cornubert, P. Anziani, M. De Demo, R. Joly, P. Robinet et R. André, *Bull. de la Soc. chim.*, [5], 12, 1945, p. 367.

I. *αα′-diméthylcyclohexanols.* — Le troisième alcool, entrevu dans l'action de l'acide nitreux sur l'amine provenant de l'oxime F 119° de la cétone *trans*, a été cette fois effectivement préparé par cette technique. Cet alcool s'est révélé stériquement homogène; il n'a en effet engendré que le dinitrobenzoate F 98° (et non 93° comme il a été indiqué précédemment) et s'est présenté en cristaux F 30-32°,5 conduisant à un phényluréthanne très difficile à faire cristalliser F 57-58°.

De plus, s'il a été établi antérieurement que l'alcool F 42° est totalement transposable en l'alcool F 52° par chauffage à 200° avec du sodium, ce qui a fait attribuer provisoirement la structure I*a* au premier et la structure II*a* au second, il a été observé ici que le chauffage de l'alcool F 30-32°,5 avec du sodium à 200° pendant 50 heures, conduit intégralement à l'alcool F 52°. Il en résulte que, dans cette dernière opération (III → II) c'est le groupe méthyle *m* qui se transpose et non l'hydroxyle. Dans la première opération (I → II) ce sont peut-être les groupes méthyle qui inversent leurs positions, mais l'hydroxyle peut aussi bien subir l'inversion; en effet l'alcool obtenu par réduction de la *cis*-ββ′-diméthylcyclohexanone IV en solution acétochlorhydrique sous l'influence du platine, se transpose à froid par action du sodium en l'alcool engendré par réduction de cette cétone par le sodium et l'alcool absolu, mais les groupes méthyle de cette cétone (IV) sont hors du champ cétonique, et il a été établi que l'un quelconque de ces deux groupes n'inverse pas sa configuration pour donner la cétone *trans* ([3]).

Enfin les trois alcools ont été convertis en phtalates acides qui ont été saponifiés dans des conditions identiques, ce qui conduit à l'ordre croissant III*a*, II*a*, I*a* des influences stériques. S'il est prévisible que I*a* doit posséder la fonction la plus influencée, il est par contre inattendu que l'hydroxyle de III*a* soit plus réactif que celui de II*a* puisque l'un des groupes méthyle y est encore spatialement voisin de l'hydroxyle.

II. *αα′-diméthylcyclohexanones.* — 1° Des études ont été engagées pour vérifier l'idée suivante : puisque ces cétones *cis* et *trans* se présentent en équilibre, que doit-il advenir de la cétone *trans* active? Ne pourrait-elle pas, à une vitesse plus ou moins grande, du fait de l'équilibre mobile, se convertir en cétone *cis* inactive qui à son tour fournirait la cétone *trans* racémique, c'est-à-dire que le pouvoir rotatoire deviendrait plus ou moins rapidement nul et que la cétone *trans* active ne pourrait pas exister? A cet effet, l'amine *trans* III*b* a été dédoublée par l'acide *d*-tartrique; l'amine active, par l'acide nitreux, a conduit à un alcool actif F 60-61° $(\alpha)=_{578}^{20}+43°$, 20′ dont l'oxydation a fourni une cétone active $(\alpha)_{578}^{25}=+108°$, 9′ dont le pouvoir rotatoire ne s'est pas modifié en l'espace de six mois. La cétone *trans* active a donc une existence propre.

([3]) R. Cornubert et P. Hartmann, *Bull. de la Soc. chim.*, [5], 15, 1948, p. 867.

2° Il fallait alors se demander s'il en était de même de la cétone *trans* racémique. Or l'oxydation de l'alcool IIIa conduit à une $\alpha\alpha'$-diméthylcyclohexanone à caractères particuliers; quel que soit le pH, elle ne donne en effet que l'oxime F 118° de la cétone *trans* alors qu'habituellement l'$\alpha\alpha'$-diméthylcyclohexanone conduit à volonté à l'une ou l'autre oxime F 79° et F 118° suivant les conditions de milieu. Cette unique obtention de l'oxime F 118° corrobore la structure IIIa pour l'alcool de dinitrobenzoate F 98°. De plus cette oxime F 118° engendrée à partir de cette cétone aux propriétés particulières, soumise à l'hydrolyse acide, redonne une cétone aux propriétés classiques, correspondant donc à un équilibre entre les formes *cis* et *trans*. Il fallait par suite penser que l'acide hydrolysant l'oxime, transpose partiellement la cétone *trans* provenant de l'alcool IIIa en cétone *cis*. Il a été en effet vérifié que cette cétone, issue de IIIa, fait aboutir à un nouveau mélange en équilibre sous l'influence de l'acide chlorhydrique dilué froid.

3° Une nouvelle question se posait : l'homogénéité stérique de la cétone issue de IIIa était-elle due à un inhibiteur lié à la méthode de préparation employée, et cette homogénéité se retrouverait-elle en préparant la cétone *cis* par oxydation d'un alcool provenant d'une amine Ib ou IIb? En travaillant avec l'amine IIb on trouve une cétone constituée par un mélange de ses stéréoisomères en équilibre. La cétone *cis* est donc bien plus fragile que la cétone *trans* et ne semble pouvoir exister qu'en équilibre avec elle à la température ordinaire.

4° Enfin la cétone *trans* se combine avec l'aldéhyde benzoïque à — 15° sous l'influence de l'acide chlorhydrique pour donner l'eutectique F 171-174° des deux combinaisons tétrahydropyrannoniques connues; il est probable qu'il y a d'abord transposition de la forme *trans* en forme *cis* puis combinaison de la forme *cis* avec le benzaldéhyde.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'activité décarboxylasique des ferments lactiques acidoprotéolytiques*. Note de M. **Costantino Gorini**.

J'ai déjà fait connaître que les ferments lactiques acidoprotéolytiques peuvent fonctionner non pas seulement en zone acide, mais aussi en zone alcaline (entre pH 3,5 et pH 9,6). Partant dans la phase hydrolytique, en réaction acide, ils se prêtent à attaquer les protides jusqu'aux aminoacides au moyen des *acidoprotéases* Gorbach ([1]), qui ont été découvertes premièrement chez mes acidoprotéolytes et qui ensuite ont été trouvées aussi chez d'autres bactéries par Berger, Johnson et Peterson ([2]). Au lieu, en réaction alcaline, ces ferments se prêtent, à travers la phase décarboxylasique, à décomposer ultérieurement les aminoacides jusqu'aux amines correspondantes.

([1]) *Enzymologia*, 3, 1937, p. 65.

([2]) *Journal Bact.*, 36, 1938, p. 521; *Journ. Biol. Chemie*, **124**, 1938, p. 395.

Maintenant il me semble intéressant de citer deux travaux qui s'occupent de l'activité décarboxylasique de ces ferments à deux points de vue tout à fait différents : le côté fromager et le côté pathologique.

En 1939, W. Grimmer et Bruno Wauschhum, dans un travail sur la démolition de la tyrosine par diverses bactéries du fromage ont démontré qu'un coccus lactique acidoprotéolytique est capable de produire de la tyramine, tandis que les ferments lactiques de Orla Jensen ne sont pas capables d'arriver à un tel degré de démolition des protides; ils n'engendrent aucun des produits secondaires de désagrégation des aminoacides qui selon eux conditionnent l'arôme des différentes sortes de fromages. Donc ces auteurs sont de l'opinion qu'une maturation exclusive ou même seulement principale par les ferments lactiques de Orla Jensen est invraisemblable ([3]).

En 1948 E. F. Gale a isolé des fèces de petits enfants malades un *Streptococcus liquefaciens* (ferment lactique acidoprotéolytique) qui, ensuite, moyennant une méthode spéciale pour étudier son activité décarboxylasique sur la tyrosine, s'est démontré capable de produire de la tyramine qui serait toxique pour les petits enfants, de sorte que sa présence dans les selles des bébés serait responsable d'une épidémie infantile ([4]) par empoisonnement alimentaire.

Ces deux travaux viennent accroître l'importance de mes ferments et donnent une ultérieure contribution à leur grande diffusion dans la nature et à la question de l'intime parenté entre les ferments lactiques techniques et les médicaux, ainsi que je l'ai fait ressortir dans mes ouvrages précédents, suivant les conditions de vie saprophytiques, parasitiques ou pathologiques ([5]).

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Collection de travaux de l'Académie internationale d'Histoire des sciences. N° 3. *Timotheus of Gaza on animals. Fragments of a byzantine paraphrase of an animal-book of the 5 th century* A. D. Translation, commentary and introduction, by F. S. Bodenheimer and A. Rabinowitz.

2° *Comunicaciones del Instituto nacional de investigacion de las ciencias naturales,* anexo al Museo argentino de ciencias « Bernardino Rivadavia ». *Ciencias Botanicas.* Tomo I, n° 1.

3° *Revista del Instituto nacional de investigacion de las ciencias naturales. Ciencias botanicas.* Tomo I, n°s 1-4.

(3) *Milchw. Forsch.*, 20 B., 1939, H.3, p. 110.
(4) *Proc. Soc. Applied Bacter.*, 1948, Juli 13.
(5) *Rend. Ist. Lomb. Sc. Lett.*, 79, 1945-46, p. 309; *Enzymologia*, 12, 1947, p. 82.

4° Sveriges geologiska Undersökning. Ser. Ba NR 14: *Jordantskarta över södra och mellersta sverige* (3 cartes). Ser. Aa, n° 189: *Bladet* Falun, III, 0.29; n° 190: *Bladet* Söderfors, IV.o.3o (2 cartes).

RADIOACTIVITÉ. — *Étude du rayonnement électronique de l'ionium par la méthode de la plaque photographique.* Note (*) de Mlle **Georgette Albouy**, Mme **Henriette Faraggi**, MM. **Michel Riou** et **Jean Teillac**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons repris à l'aide de plaques photographiques sensibles aux trajectoires individuelles d'électrons, l'examen du rayonnement électronique de l'Io. Ce rayonnement, déjà étudié par l'un de nous ([1]) et dû principalement à la conversion interne du rayonnement de 68 keV dans la couche L_1, se compose surtout d'électrons monocinétiques d'énergie 48 keV environ. De plus cette méthode nous a permis de donner, pour ces électrons, une valeur du pouvoir d'arrêt des nouvelles plaques Ilford utilisées. (Nuclear Research type G 5, couche sensible 200^{μ}.)

Nous sommes partis de l'hydroxyde de IoTh préparé par Mme Joliot-Curie. Le mélange IoTh fraîchement purifié en dérivés et contenant 9,1 % d'Io a été mis sous forme de nitrate. Les plaques ont été imprégnées dans 80^{cm^3} d'une solution à 5 % d'acide acétique contenant 3.10^{-6} g de nitrate d'IoTh et séchées. Après quatre jours, elles ont été lavées deux heures, puis développées avec le révélateur I D 19 à 30 % pendant 90 minutes. Les mesures faites sur deux plaques imprégnées et développées de la même façon, mais appartenant à deux lots différents, ont donné les mêmes résultats. L'appareil utilisé pour les mesures était le microscope Vickers à projection, avec objectif apochromatique à immersion, donnant un grossissement global de 2000.

Nous avons mesuré 2991 traces de rayons α que l'on peut attribuer à l'Io avec une erreur inférieure à 5 ‰.

La figure 1 montre la répartition de la longueur des traces; on peut en déduire que le parcours moyen d'un α est de $18^{\mu},81$, l'erreur étant certainement inférieure à $0^{\mu},07$ (erreur sur la mesure et sur le grossissement du microscope). En utilisant le parcours mesuré dans l'air par I. Joliot-Curie et S. T. Tsien ([2]), cette valeur du parcours conduit à un pouvoir d'arrêt de 1660, en bon accord avec les déterminations faites sur les plaques non sensibles aux électrons.

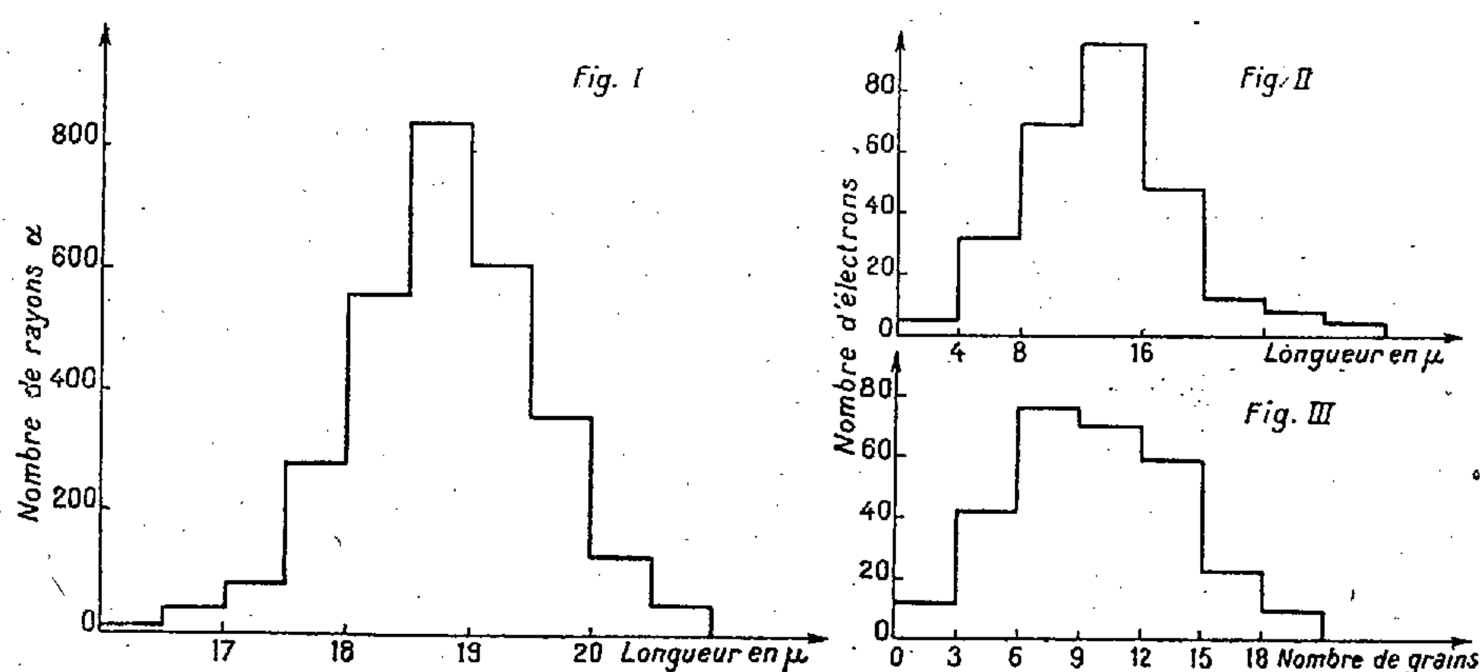
Nous avons observé 276 électrons, l'origine de leur trajectoire étant commune avec celle d'un α; ce chiffre peut être porté à 331 en tenant compte des cas où l'origine commune était moins certaine. Ceci conduit à admettre

(*) Séance du 18 juillet 1949.

([1]) J. Teillac, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1227.

([2]) I. Curie et S. T. Tsien, *Journ. Phys. et Rad.*, 6, 1945, p. 162.

que l'Io émet de 9,3 à 11 électrons par 100 désintégrations. Nous nous sommes attachés dans ces mesures à n'explorer que les régions de la plaque qui présentaient des électrons de fond de façon à éliminer l'éventualité de grosses



variations de sensibilité pour les électrons. Les figures 2 et 3 donnent respectivement les répartitions du parcours mesuré et du nombre de grains pour ces électrons. La valeur moyenne du nombre de grains est de 9 ± 1. Les parcours mesurés sont les parcours projetés, mais ici l'on doit tenir compte, de plus, du rétrécissement de l'épaisseur de la couche sensible dû au fixage et qu'on évalue à 50 %. Si l'on estime que le rapport entre le parcours projeté et le parcours réel des électrons est de 0,82, la valeur moyenne du parcours réel des électrons de 48 keV dans la plaque est d'environ $12^{\mu},5$. Ces valeurs concordent avec celles indiquées par R. H. Herz ([3]) pour les électrons d'énergie voisine.

Le pouvoir d'arrêt calculé à partir de ce chiffre est de 3200 environ, deux fois plus grand que pour les rayons α.

Le chiffre de 10 ± 1 électrons par 100 désintégrations est en bon accord avec les mesures faites au Wilson ([1]). D'autre part le nombre de quanta de 68 keV est de 0,6 par 100 désintégrations ([4]), ([5]), et la détermination du nombre d'états excités du niveau nucléaire de 68 keV obtenu par structure fine ([6]) et confirmé par la mesure de l'intensité du rayonnement L ([4]), ([5]) est de 25 par 100 désintégrations. Il est peu vraisemblable que l'écart puisse être expliqué par une erreur sur l'évaluation du nombre d'électrons.

([3]) *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 478.
([4]) I. Curie, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1225.
([5]) M. Riou, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 678.
([6]) S. Rosenblum, M. Valadares et J. Vial, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1088.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Prépyrolyse et vitesse de pyrolyse de l'acétaldéhyde gazeux.* Note (*) de MM. **Michel Niclause**, **Paul Goldfinger** et **Maurice Letort**, présentée par M. Paul Pascal.

L'un de nous a montré ([1]) que la pyrolyse homogène de CH_3CHO gazeux ($CH_3CHO = CH_4 + CO$) est extrêmement sensible à des traces d'oxygène; par exemple, $1/10^5$ en volume de O_2 suffit, à 477°C, pour doubler la vitesse initiale de cette réaction. Toutefois des distillations répétées sous haut vide et à très basse température permettent d'éliminer cette influence. La vitesse initiale v_0 est alors bien définie et conduit à un ordre de réaction $n_0 = 3/2$ ([2]).

Pease ([3]) a cependant fait observer qu'il est peut-être hasardeux de fonder des conclusions sur une grandeur aussi sensible que v_0 à des traces d'impureté. D'autre part, Morris ([4]) utilisant de l'acétaldéhyde traité en outre à l'hydroquinone, a mesuré des vitesses inférieures à celles de ses prédécesseurs. Les résultats antérieurs ([2]) se rapportaient-ils à un produit encore insidieusement souillé? L'importance dans la cinétique moderne ([5]) de la pyrolyse de CH_3CHO, particulièrement du fait de l'ordre 3/2 qu'elle présente, demandait que l'on réponde à cette question.

Il nous semble que *la pyrolyse elle-même est le moyen le plus sûr d'éliminer toute trace de* O_2 *de* CH_3CHO. Des expériences à 477°C sur de l'acétaldéhyde systématiquement souillé de 1.10^{-6} à $1,7.10^{-4}$ en volume de O_2 ont montré ([1]) en effet que l'influence accélératrice de O_2 disparaît après décomposition de 26 % au plus de CH_3CHO.

Nous avons donc comparé la vitesse de pyrolyse de CH_3CHO, dont une large fraction (30 à 70 % suivant les cas) a été thermiquement décomposée au préalable (*pré-pyrolyse*), à celle d'échantillons purifiés d'après d'autres techniques :

Échantillon A (aldéhyde dit *pur*). — L'acétaldéhyde, préparé par dépolymérisation de paraldéhyde en présence d'une trace de P_4OH_3 et rectifié, est dégazé sous haut vide à —80° puis distillé sous vide entretenu (10^{-4} mm Hg) de —80 à —190°; comme X. Duval l'a observé dans ce laboratoire, le cœur de distillation ainsi recueilli ne colore

(*) Séance du 25 juillet 1949.

([1]) M. Letort, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1042; 200, 1935, p. 312; *J. Chimie phys.*, 34, 1937, p. 428.

([2]) M. Letort, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 351 et 1617; *J. Chimie phys.*, 34, 1937, p. 265.

([3]) *Equilibrium and kinetics of gas reactions*, Princeton, 1942, p. 169.

([4]) *J. Am. Chem., Soc.*, 66, 1944, p. 584.

([5]) F. O. Rice et K. F. Herzfeld, *J. Am. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 284; M. Letort, *J. Chimie phys.*, 34, 1937, p. 355; P. Goldfinger, M. Letort et M. Niclause, volume commémoratif V. Henri, Liége 1948, p. 283.

plus IK. Il est redistillé sous haut vide de 0 à — 80° afin de le séparer du polyacétaldéhyde ([6]).

Échantillon B (aldéhyde dit *traité*). — Il est préparé comme l'échantillon A, mais, entre le dégazage initial à — 80° et la suite du traitement, l'aldéhyde est laissé 48 heures à la température ordinaire au contact d'hydroquinone préalablement dégazée à 10^{-5} mm Hg.

Échantillon C (aldéhyde dit *pré-pyrolysé*). — Une certaine quantité de l'échantillon A est pré-pyrolysé à 500°. Lorsque x % sont décomposés, les gaz de réaction sont évacués à la pompe à diffusion; l'aldéhyde non décomposé, piégé à — 115° ([6]), constitue les échantillons C.

La pyrolyse de ces divers échantillons est faite à 500°C dans une ampoule en pyrex de 145^{cm^3} et de rapport surface/volume voisin de 1,3 cm^{-1}. Tant pour les vitesses initiales (tableau ci-dessous) que pour tout le cours de la réaction, *les résultats sont les mêmes*. Ils permettent de construire la courbe $\log v_0 = f(\log p_0)$ qui est une droite de pente $n_0 = 3/2$.

Nature de l'échantillon.	p_0 (mm Hg).	v_0 (mm Hg/min).	Nature de l'échantillon.	p_0 (mm Hg).	v_0 (mm Hg/min).
A...........	205	6,8	A...........	95	2,35
B...........	205	6,8	C ($x = 30$)...	95	2,3
A...........	327	12,4	A...........	154	4,6
B...........	327	12,4	C ($x = 33$)...	154	4,6
A...........	451	20,0	A...........	197	6,3
B...........	448	20,0	C ($x = 40$)...	197	6,3
A...........	69	1,2	A...........	248	9,0
C ($x = 60$)...	69	1,25	C ($x = 32$)...	248	9,0

En valeur absolue, nous notons toutefois des différences entre les présentes mesures et celles de nos prédécesseurs [tableau ci-dessous dressé d'après Klute et Walters ([7])] :

v_0 en mm Hg/min, pression initiale $p_0 = 302$ mm Hg, température = 494° C;

$v_0 =$ 7,5 (env.) d'après Morris ([4]) après traitement à l'hydroquinone;
8,5 d'après Letort ([2]);
9,5 d'après le présent travail;
11,5 d'après Klute et Walters ([7]);
12 d'après Morris ([4]) avant traitement à l'hydroquinone;
14,3 d'après Smith ([8]).

Les plus fortes valeurs de ce tableau correspondent vraisemblablement à un produit encore pollué d'oxygène. Un faible décalage entre les échelles de température suffirait à expliquer d'autre part les divergences entre les plus basses valeurs. [3° seulement entre notre échelle et celle de Letort ([2]).]

([6]) A — 123° (point de cristallisation) ou au-dessous, il se forme du polyacétaldéhyde (*cf.* M. Letort, X. Duval et Y. Rollin, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 50).

([7]) *J. Am. Chem. Soc.*, 67, 1945, p. 552.

([8]) J. R. E. Smith, *Trans. Far. Soc.*, 35, 1939, p. 1328.

En résumé, les présentes expériences sur CH_3CHO absolument débarrassé d'oxygène par pré-pyrolyse confirment les résultats que l'un de nous a publiés ([2]); elles montrent à nouveau que malgré l'extrême sensibilité de la réaction aux traces de O_2, il est possible d'accéder expérimentalement à l'étude de la pyrolyse *pure*. Le traitement à l'hydroquinone préconisé par Morris ([4]) n'ajoute rien à la pureté du produit préparé par la technique des distillations sous haut vide à très basse température (échantillon A).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Amination de la pyridine et quelques-uns de ses homologues méthylés.* Note (*) de MM. **Jean Ploquin** et **Jean Bayard**, transmise par M. Paul Pascal.

La réaction de l'amidure ne sodium sur la pyridine suivie d'hydrolyse est bien connue depuis les travaux de Tchitchibabine ([1]) et la synthèse de l'aminopyridine est entrée dans le domaine industriel. Ce n'est pas cependant une réaction simple et Wibaut et Dingemanse ([2]) ont montré que de nombreux autres produits se forment également dans cette réaction, notamment du $\gamma\gamma$-dipyridyl. D'autres auteurs ont également insisté sur l'influence de la nature de l'amidure de sodium sur le rendement de la réaction en produit α aminé. Nous avons pensé qu'il serait intéressant de déterminer les meilleures conditions de formation de l'α-aminopyridine, et d'étudier le comportement des homologues de la pyridine dans cette réaction. Ceci présentait pour nous un double intérêt :

a. D'une part on admettait jusqu'alors, à la suite des travaux de Tchitchibabine, que l'amination des homologues conduisait à des dérivés aminés en $\alpha\alpha'$ puis γ suivant que l'une ou l'autre de ces positions était libre ou non, la substitution se produisant d'abord en α puis γ, jamais en β. Or des considérations théoriques développées ailleurs par l'un de de nous ([3]) conduisent à penser que de telles réactions se feront avec des rendements très faibles limités de plus en plus par des réactions de condensation entre radicaux picolyl, lutidyl, etc. Cette concurrence est nette pour les α et γ picoline, la β picoline devant, à peu de chose près, se comporter comme la pyridine (toutes questions stériques mises à part), mais de plus en plus évidente dans les homologues polyméthylés, surtout si les CH_3 sont en ortho ou para par rapport à l'azote.

b. D'autre part on a dit que les accidents survenus dans l'emploi de la sulfapyridine étaient dus à une mauvaise purification de la pyridine au départ, ce

---

(*) Séance du 8 août 1949.

([1]) *J. Chim. Phys. Russe*, 46, 1914, p. 1216.

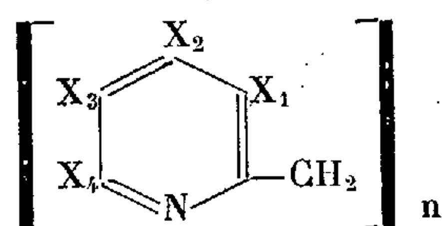
([2]) *Kominklijke Akademie Van Wetenschappen Te Amsterdam. Proceedings*, vol. XXV, n°s 9 et 10.

([3]) Ploquin (à paraître).

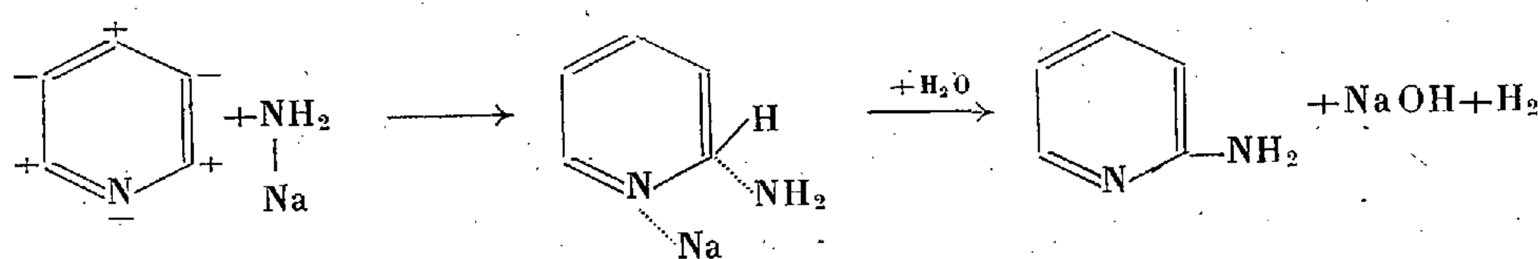
qui non seulement abaisse le rendement en aminopyridine mais accumule à côté de ce produit d'autres composés beaucoup plus toxiques.

Nous avons donc d'abord changé l'ordre habituel d'introduction des réactifs, la base pyridique diluée dans le xylène anhydre est chauffée au bain d'huile à 140-145° (température optima d'après la bibliographie et des expériences préalables), puis l'amidure de sodium est introduit peu à peu, en l'absence d'humidité, en suspension très fine dans le xylène anhydre. En opérant ainsi, et non en sens inverse comme le faisait Tchitchibabine, on évite l'action brutale de l'amidure de sodium, initialement en excès, sur la pyridine, ce qui favorisait la formation de goudrons et de produits de condensation. On hydrolyse ensuite par CO_3Na_2 à 10 % et extrait les produits de la réaction de la manière habituelle (xylène, décantation. séchage, distillation sous vide). Nous avons alors étudié l'influence à température constante de la dilution et ceci a confirmé l'idée précédente : il faut ménager la réaction pour avoir un rendement en α aminopyridine correct.

Ces expériences seront développées ailleurs. Quand on s'adresse aux homologues, on obtient très peu de produits $\alpha\alpha'$ ou γ aminés. Par contre, il se forme de plus en plus d'huiles de points d'ébullition élevés, qu'il est très difficile de fractionner par distillation, même sous vide de 2 à 3^{mm}. La teneur en azote des diverses fractions obtenues correspond très sensiblement à des formules du type :



où X_1, X_2, X_3, X_4, $=$ H ou CH_3 comme dans la base pyridique initiale. Les fractions de P.E. le plus faible laissent cristalliser en général un chlorhydrate qui se décompose à son point de fusion. Un autre point important à signaler pour comprendre le mécanisme de cette réaction est le suivant. Nous n'avons pas observé de dégagement d'hydrogène lors de l'amination à l'abri de l'humidité; par contre, si on laisse rentrer l'air humide ou bien au moment de l'hydrolyse, on constate, à côté de la formation d'ammoniac à partir de l'excès d'amidure, la présence d'hydrogène dans les gaz dégagés. Nous interprétons donc la réaction de la façon suivante :



Les positions $\alpha\alpha'$ et γ du noyau pyridique sont appauvries en électrons, tandis que N (et les positions β accessoirement) sont riches en électrons; NH_2Na se comporte comme un réactif ionique, il se forme un complexe par attraction de l'anion NH_2^- vers les centres pauvres en électrons et du cation

Na^+ vers N. Ceci provoque un relâchement de la liaison fixant l'atome d'hydrogène voisin du NH_2. Si bien qu'à l'hydrolyse il y a libération d'hydrogène et formation de l'α-amino dérivé. Des considérations analogues permettent d'expliquer les faibles rendements en α-amino dérivés et la formation des produits de condensation lorsque ce sont les homologues méthylés de la pyridine qui sont en jeu. On conçoit donc que la purification incomplète de la pyridine limite le rendement en α-aminopyridine et entraîne à la formation de produits lourds vraisemblablement plus toxiques que les dérivés de la pyridine elle-même.

GÉOLOGIE. — *Les lœss autour du Mont-d'Or lyonnais.* Note (*) de MM. **M. Thoral** et **A. Gauthier**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Autour du Mont-d'Or lyonnais existent d'importants affleurements de lœss considérés comme les témoins d'une couverture plus continue d'âge würmien [1]. D'après Germain [2] le lœss du bassin du Rhône renferme une soixantaine d'espèces qui se répartissent en deux faunes distinctes : l'une, ancienne, est caractérisée par l'abondance de *Succinea oblonga* Drap. et de *Helix arbustorum* Lin. var. *alpicola* Charp., c'est celle du Mont-d'Or et du Plateau bressan; l'autre, plus récente, dans laquelle les deux espèces ci-dessus tendent à disparaître, se trouve dans le Bas-Dauphiné.

En réalité, les choses ne sont pas aussi simples et il est plusieurs lœss autour du Mont-d'Or. Sur le versant oriental, le lœss qui couvre les pentes moyennes descend jusqu'à 20^m environ au-dessus de la Saône; son épaisseur dépasse 12^m à l'Ouest de Collonges : il s'agit du faciès banal à nombreuses Succinées et à poupées près de la base.

Dans la tranchée du Bullion, au Nord de Saint-Germain, les poupées sont cordées, généralement creuses (septaria), peu épaisses, blanches en surface. Depuis les travaux récents, elles ont repris leur évolution : leur surface s'orne d'épines de croissance et il s'y incorpore de petites coquilles actuelles. Près de la gare de Saint-Germain, sous ce lœss, il en est un second plus évolué, ne faisant plus effervescence, renfermant de rares poupées cylindroïdes disposées verticalement. Un lit sableux sépare les deux horizons qui sont à ranger dans le lœss récent.

Sur le versant occidental, on connaît également des placages d'un dépôt

---

(*) Séance du 18 juillet 1949.

(1) Tang Yuet Suen, *Le lœss de la vallée du Rhône*, Thèse Univ. Lyon, 1934, 162 pages.

(2) L. Germain, *Arch. Mus. Hist. Nat. Lyon*, XI, 1911, 194 pages, 6 planches, 2e Partie.

analogue à celui de Collonges avec poupées et Succinées, mais il est moins épais, rarement dédoublé (environs de la Garde).

A proximité du Mont-d'Or, sur une épaisseur qui peut atteindre 26m (3), au sein d'un lœss apparemment banal mais sans fossiles, on voit de véritables bancs d'une roche tenace, rarement homogène, sorte de calcaire cristallin un peu sableux, très difficile à extraire, nommé régionalement *la ruffe* et, dans les publications géologiques, le *lœss durci*. Entre Limonest et Saint-Didier, les bancs se localisent à des hauteurs assez constantes, les trois inférieurs notamment. Le second, à quelques mètres au-dessus du socle, est fossilifère. Nous avons déjà repéré au moins trois gîtes situés dans des affleurements distincts. Près des Massues et à l'Ouest de la Maison Bröleman, ils nous ont fourni de gros Hélicidés à l'état de moules externes et internes, des Bulimidés, etc., bref, une faunule bien différente de celle du lœss würmien; on n'y retrouve pas les petites Pupes et Succinées, ni les *H. arbustorum*. *A priori*, elle semble très proche de la faune plus ancienne et plus chaude signalée par F. Bourdier dans le lœss durci de la Drôme.

D'autres formations sont à rattacher aux lœss lyonnais. A l'Ouest de Saint-Didier, sous le château de Fromente, des terrassements nous ont montré, sous un lœss d'abord remanié, puis fendillé, de véritables dalles noduleuses, irrégulières, d'un calcaire cristallin tantôt jaune à points bruns, tantôt brun violacé ou noirâtre. Entre les dalles subsiste une marne grise ou verdâtre passant à une fine argile grise. Le tout est affecté d'un plongement de 6° à 8° vers le Nord-Est. Un peu plus à l'Ouest, le lœss à bancs durcis typique repose sur les gneiss.

Dans la carrière de la briqueterie de Champagne, il n'y a plus qu'un limon fendillé, épais de plusieurs mètres, d'une teinte jaunâtre ou légèrement rosée, avec localement des points noirs, quelques grains de quartz roulés, etc., aucune effervescence à l'acide. Il recouvre un cailloutis siliceux entièrement épuisé, appartenant à la terrasse de Champagne (Pliocène supérieur); même les galets de quartz laiteux sont devenus fragiles et rubéfiés à l'intérieur.

Un semblable limon fendillé à points noirs était exploité, il y a quelques années, dans les grandes carrières de Limonest. Comme l'a signalé A. Perrin (*loc. cit.*), à son extrémité Nord-Est il est recouvert par un lœss banal à Succinées et poupées; malheureusement, le contact entre les deux formations n'est plus visible sur les affleurements actuels.

De ces observations et d'autres qui seront développées ailleurs, on peut conclure avec certitude que, sur le versant occidental du Mont-d'Or lyonnais, existent au moins deux lœss d'âge différent. L'un renferme une faune de petits Gastéropodes, des poupées banales : il correspond au lœss récent des auteurs (4).

---

(3) *Études Rhodaniennes*, vol. XXIII, n° 3, p. 176-182.

(4) FR. BOURDIER, *La géologie des terrains récents dans l'Ouest de l'Europe*, Bruxelles, 1947, p. 339 et suiv.

L'autre présente des bancs consolidés à sa partie inférieure notamment : c'est le lœss durci à gros Hélicidés et Bulimidés. Nous le croyons bien plus ancien que le premier. Par sa faune, la répétition et l'aspect de ses bancs durcis, son substratum de cailloux siliceux anciens, il offre de singulières analogies avec les lœss durcis de Bogny et de Saint-Vallier dans la Drôme.

Pour l'instant, les limons fendillés nous paraissent être quelque chose de spécial. Il sont également recouverts par le lœss récent mais leurs relations avec la ruffe ne sont pas claires. Il se peut qu'il s'agisse d'une formation encore plus ancienne ou simplement d'un lœss ayant subi un type particulier d'évolution comme celui de Fromente ou celui de la gare de Saint-Germain.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence d'une série à hypersthène au Tanezrouft oriental et dans l'Adrar des Iforas.* Note (*) de M. **Maurice Lelubre**, présentée par M. Albert Michel-Lévy.

L'axe de l'Adrar des Iforas, prolongé au Nord dans le Tanezrouft oriental, est formé de schistes cristallins suggariens plissés, migmatisés et traversés par des granites ([1]). Mais il existe une zone où les roches présentent un faciès très particulier et sont généralement caractérisées par la présence d'hypersthène.

Cette zone s'étend du Nord au Sud du massif, rectiligne, sensiblement parallèle à la discordance pharusienne; large en moyenne d'une quinzaine de kilomètres, elle s'étale au Nord à la hauteur d'I-n-Hihaou, et se réduit au Sud d'I-n-Ouzzal, arrivant même à presque disparaître. On la suit depuis la région Nord-Est d'I-n-Hihaou, au Sud de Nahalet, dans la région de Tekhammalt, à l'Est de Guernène, puis dans toute la vallée de l'Oued I-n-Ouzzal formant le massif de ce nom; elle continue à l'Est de Bouressa et je l'ai retrouvée jusque vers l'Oued Ti-n-Biden, dans l'Adrar des Iforas.

On y trouve des schistes cristallins et des roches intrusives. Sur le terrain, tous présentent un faciès très reconnaissable : teintes généralement sombres, cassure grasse, texture compacte, schistosité mal marquée, structure largement grenue avec tendance fréquente à l'association pegmatitique des éléments.

Les schistes cristallins sont très variés. Les gneiss renferment généralement quartz, microperthite fusiforme, hypersthène, hornblende brune, grenats, etc.; les grenats sont souvent entourés d'une auréole kéliphytique; on trouve de véritables grenatites à gros grenats pœciloblastiques, quartz, plagioclases, phlogopite, hypersthène, rutile, etc. Des leptynites sont formées de quartz,

(*) Séance du 8 août 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 694-696.

plagioclases ou microperthite fusiforme, avec accessoirement biotite, ilménite, zircon. Les quartzites sont très largement recristallisées; fréquemment on y rencontre des intercalations de quartzite à magnétite riches en hypersthène et augite. Les cipolins renferment souvent de l'olivine plus ou moins serpentinisée, phlogopite, pléonaste, etc. Les amphibolites sont largement recristallisées et renferment hypersthène et augite. Enfin, des pyroxénites sont riches en diopside, augite, hornblende, pléonaste et apatite.

Parmi les roches intrusives, on trouve une série continue allant des granites à hypersthène (Tekhammalt) aux gabbros à hypersthène.

La présence de l'hypersthène caractérise la plupart de ces roches. Le quartz, quand il existe, est bourré de très fines inclusions en cheveu (rutile) qui lui donnent une teinte bleutée, et est riche en inclusions liquides à libelle mobile. La microperthite fusiforme est constante dans les types orthosiques; l'antiperthite existe, mais plus rarement.

Cette série présente des analogies avec la « série de la Charnockite » de l'Inde, mais elle est plus variée et moins homogène.

Les schistes cristallins considérés ne font pas partie d'une série stratigraphiquement distincte des formations avoisinantes; il n'existe pas non plus de discontinuités tectoniques : on observe un passage progressif aux séries banales, tout au plus peut-on noter parfois des phénomènes d'écrasement en bordure. On peut seulement dire qu'il existe une vaste zone où les roches présentent un faciès particulier, que je propose d'appeler ici *faciès d'I-n-Ouzzal*.

L'étude géologique de ces régions permet de préciser les points suivants :

1° Les phénomènes qui ont donné naissance à ces roches appartiennent au cycle suggarien (Antécambrien inférieur du Sahara central). En effet cette zone qui traverse tout le massif suggarien du Nord au Sud, ne se prolonge pas dans les formations pharusiennes de l'Ahnet situées au Nord. De plus, j'ai retrouvé des galets de ces roches dans les conglomérats de base du Pharusien.

2° La structure géologique de la région n'est pas interrompue, mais simplement brouillée par une recristallisation particulière, ce qui conduit à penser que les phénomènes sont postérieurs aux principales phases de plissement.

3° La disposition rectiligne de cette zone, observable sur plus de 600^{km}, suggère l'existence d'accidents cassants à l'origine. J'ai déjà montré l'existence de tels accidents aux bordures du massif suggarien antérieurement à la transgression pharusienne, accompagnés de venues volcaniques rhyolitiques ([2]). Ceux qui sont envisagés ici semblent nettement antérieurs et d'un autre ordre, ne s'étant traduits que par l'établissement d'un faciès particulier.

Les observations précédentes montrent que les phénomènes qui ont donné

([2]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 405-406; *C. R. Somm. S. Géol. Fr.*, 1936, p. 110.

naissance aux roches à *faciès d'I-n-Ouzzal* sont postérieurs au métamorphisme général et aux principales phases de plissement suggarien; ils ne paraissent pas liés aux phénomènes migmatiques régionaux, pas plus qu'aux grandes venues granitiques. Ils ne semblent pas explicables par des venues magmatiques; on n'observe que rarement des roches intrusives. Il est par ailleurs difficile d'admettre une liaison avec la composition originelle des sédiments. On est amené à envisager des recristallisations métamorphiques liées à des accidents cassants du substratum qui ont pu favoriser des actions pneumatolytiques.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Obtention de fruits charnus en culture* in vitro. Note (*) de M. **Jean Nitsch**, transmise par M. Joseph Magrou.

La culture de certains organes végétaux *in vitro* est devenue classique, particulièrement dans le cas de racines isolées et d'embryons de graines. Plus récemment, des tiges ont pu, elles aussi, être cultivées sur milieux nutritifs. Par contre, les tentatives faites pour obtenir la croissance *in vitro* d'ovaires de fleurs détachées de la plante ont jusqu'ici échoué.

En vue de résoudre ce problème, des fleurs bien ouvertes de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), variété *San José*, ont été excisées de la plante, lavées à l'eau de savon, désinfectées dix minutes à l'hypochlorite de calcium (2 % de chlore libre) et rincées plusieurs fois à l'eau stérile. Ces fleurs ont été plantées sur divers milieux nutritifs solides (1,5 à 2 % de gélose) ou liquides, les fleurs étant alors maintenues hors du liquide par de la laine de verre, de façon que seule l'extrémité du pédoncule floral fut en contact avec la solution.

Le plus simple de ces milieux est celui de Gautheret, légèrement modifié [1]. Sur un tel milieu, les ovaires de tomates ne se développent pas. Par contre, si l'on y ajoute du jus de tomates fraîches, rouges ou vertes [2], les ovaires commencent à grossir au bout d'une huitaine de jours et se transforment en petites tomates qui mûrissent normalement. Les milieux contenant le jus de tomates ont été stérilisés 15 minutes à l'autoclave. Plusieurs observations ont pu déjà être faites sur ces cultures.

(*) Séance du 8 août 1949.

(1)
Solution minérale de Knop, diluée de moitié :	1000^{cm^3};
Solution minérale de Berthelot............	1^{cm^3};
Vitamine B_1........................	1^{mg};
Chlorhydrate de cystéine..................	10^{mg};
Saccharose............................	50^{g}.

(2) 1000^{g} de tomates finement broyées sont mélangés à 1000^{cm^3} du milieu de Gautheret modifié, et le tout est filtré sur laine de verre.

1° Le diamètre des tomates a été mesuré à intervalles réguliers. La courbe de croissance ainsi obtenue est du même type que celle qui a été donnée par Judkins (³) pour les tomates attachées à la plante. Vers le 30ᵉ jour, après le plein épanouissement de la fleur, les tomates *in vitro* commencent à rougir, puis elles mûrissent en même temps que celles qui ont été laissées sur la plante;

2° Les tomates qui ont été obtenues *in vitro* étaient parthénocarpiques, probablement parce que la fécondation n'avait pas eu lieu. Les plantes-mères étaient cultivées en serre où la pollinisation se faisait mal. D'autre part, le désinfectant employé a pu tuer les tubes polliniques dans le style;

3° Dans certains cas, des racines apparaissent sur le pédoncule floral, ce qui n'a été signalé que rarement, hormis chez *Opuntia* (⁴). Au moment où elles se développent, la croissance du fruit semble se ralentir. Elle reprend normalement par la suite. Les besoins nutritifs de ces racines sont différents de ceux de l'ovaire. En effet, nous avons pu obtenir la formation et la croissance de racines sur le pédoncule floral en employant un milieu ne contenant pas de jus de tomate (⁵). Les racines apparaissaient à l'obscurité mais non à la lumière, probablement à cause de la destruction de la vitamine B_2 dans le dernier cas;

4° L'action du jus de tomate est à l'étude. Les premières petites tomates que nous avons obtenues avec un milieu entièrement synthétique contenant de l'acide β-naphthoxyacétique (1^{mg} par litre) semblent indiquer qu'il est possible d'obtenir la croissance de tomates au moyen d'un dosage judicieux de corps connus. Il est néanmoins intéressant de noter que, le plus souvent, les extraits de plantes fraîches se révèlent toxiques pour les tissus cultivés *in vitro*. Dans le cas présent, cette toxicité, si elle existe, est très atténuée.

En résumé, ces recherches montrent qu'il est possible d'obtenir *in vitro* des fruits à partir de fleurs séparées de la plante. Nous nous proposons d'étudier l'action du jus de tomate et d'étendre ces résultats à d'autres fruits.

(³) *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 37, 1939, p. 891-894.

(⁴) R. Bouillenne et F. Went, *Annales du Jardin Botanique de Buitenzorg*, 43, 1933, p. 144.

(⁵) Milieu de Gautheret modifié, sans cystéine, avec l'addition de vitamine A ($1^{mg},5$ par litre); vitamine B_2 (1^{mg} par litre; niacine (10^{mg} par litre); L-tryptophane (10^{mg} par litre). L'acide alpha-naphtalène acétique, substitué au tryptophane, produit les mêmes effets.

BIOLOGIE. — *Enregistrement graphique de la concentration d'un produit radioactif dans les liquides de l'organisme à l'aide d'un intégrateur mécanique.* Note (*) de MM. **François Morel** et **François Serrell**, présentée par M. Robert Courrier.

Le problème se pose souvent en radiobiologie de mesurer le taux de variation dans le sang d'un élément radioactif après son introduction dans l'organisme. La méthode des prélèvements biologiques est rendue parfois très difficile quand les variations de concentration s'effectuent dans un temps court; elle est toujours longue et laborieuse si l'on désire déterminer avec précision un taux de décroissance.

Devant ces difficultés, nous avons été conduits à mettre au point une méthode permettant l'enregistrement direct et automatique des variations de concentration dans un milieu liquide, au moment même où elles se produisent. Elle consiste, comme l'ont proposé aussi tout récemment M. Reiss, F. E. Badrick, J. M. Halkerston et J. H. White [1], à faire circuler le liquide dans un tube en matière plastique (*telcothène*) enroulé autour du compteur de Geiger-Muller. Pour le sang, par exemple, on réalise une dérivation carotido-jugulaire de la circulation à l'aide d'un tube choisi de telle sorte que la chute de pression entre ses extrémités et le débit qui le traverse correspondent aux conditions physiologiques. Le volume de liquide entourant le compteur est faible et constant; les variations de radioactivité mesurées correspondent exactement aux variations de concentration de l'élément marqué. Quant à l'enregistrement graphique, il consiste à ramener au zéro, toutes les 1000 impulsions, un style inscripteur qui se déplace verticalement à vitesse constante en fonction du temps. Le dispositif, rappelant de loin celui du *Pulszeitschreiber* de Fleisch [2], est réalisé par un embrayage électromagnétique, la remise à zéro étant commandée par le numérateur du compteur. Un système de double débrayage réduit au minimum le temps de chute du dispositif. Le rapport des vitesses verticale et horizontale est constant (10). La hauteur de chaque trait correspond au temps pour 1000 impulsions, soit l'inverse de la concentration. La courbe obtenue en joignant les sommets de tous les traits en représente les variations en fonction du temps.

(*) Séance du 8 août 1949.

(1) *Biochemical Journal*, 44, 1949, p. 255.

(2) *Zeitschrift für die gesamte experimentelle Medizin*, 72, 1930, p. 384.

Nous joignons ci-contre deux courbes expérimentales à titre d'exemple. La première montre la décroissance d'un échantillon de radioiode $^{128}_{53}I$ de période

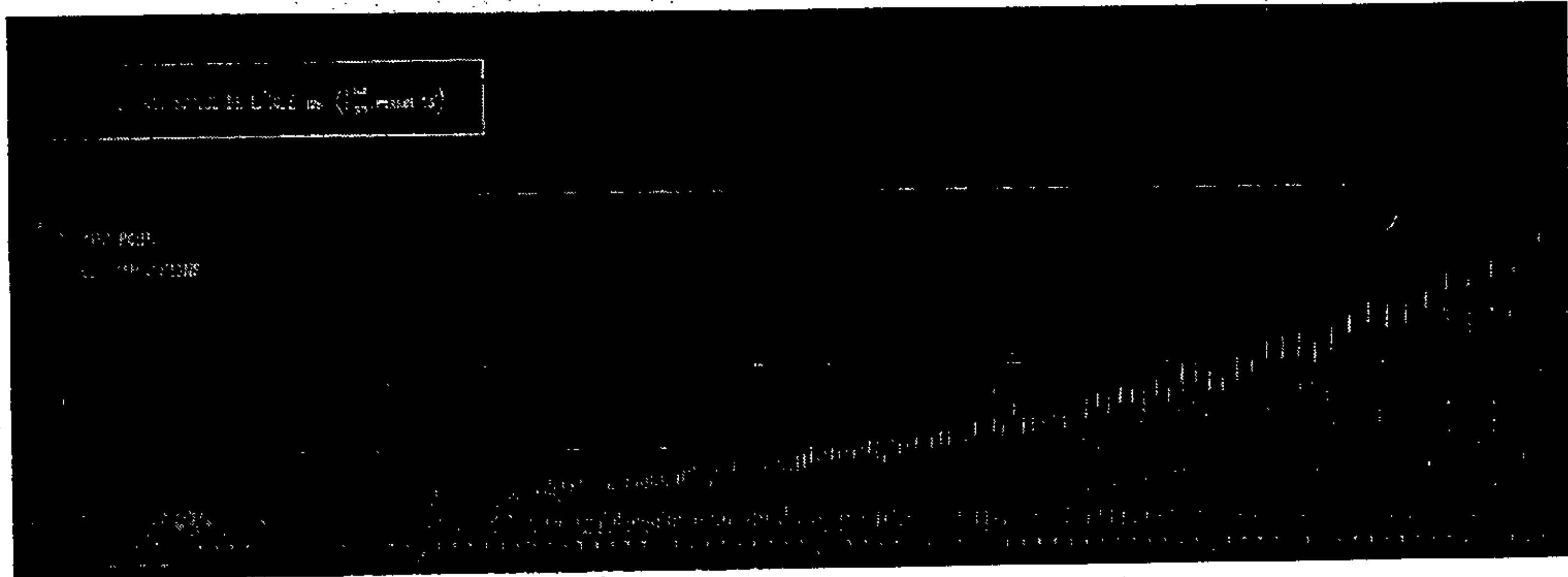


Fig. 1.

25 min enregistrée sans discontinuer pendant 4 périodes. La seconde présente les variations de concentration de Na*Cl dans le sang du Lapin pendant les

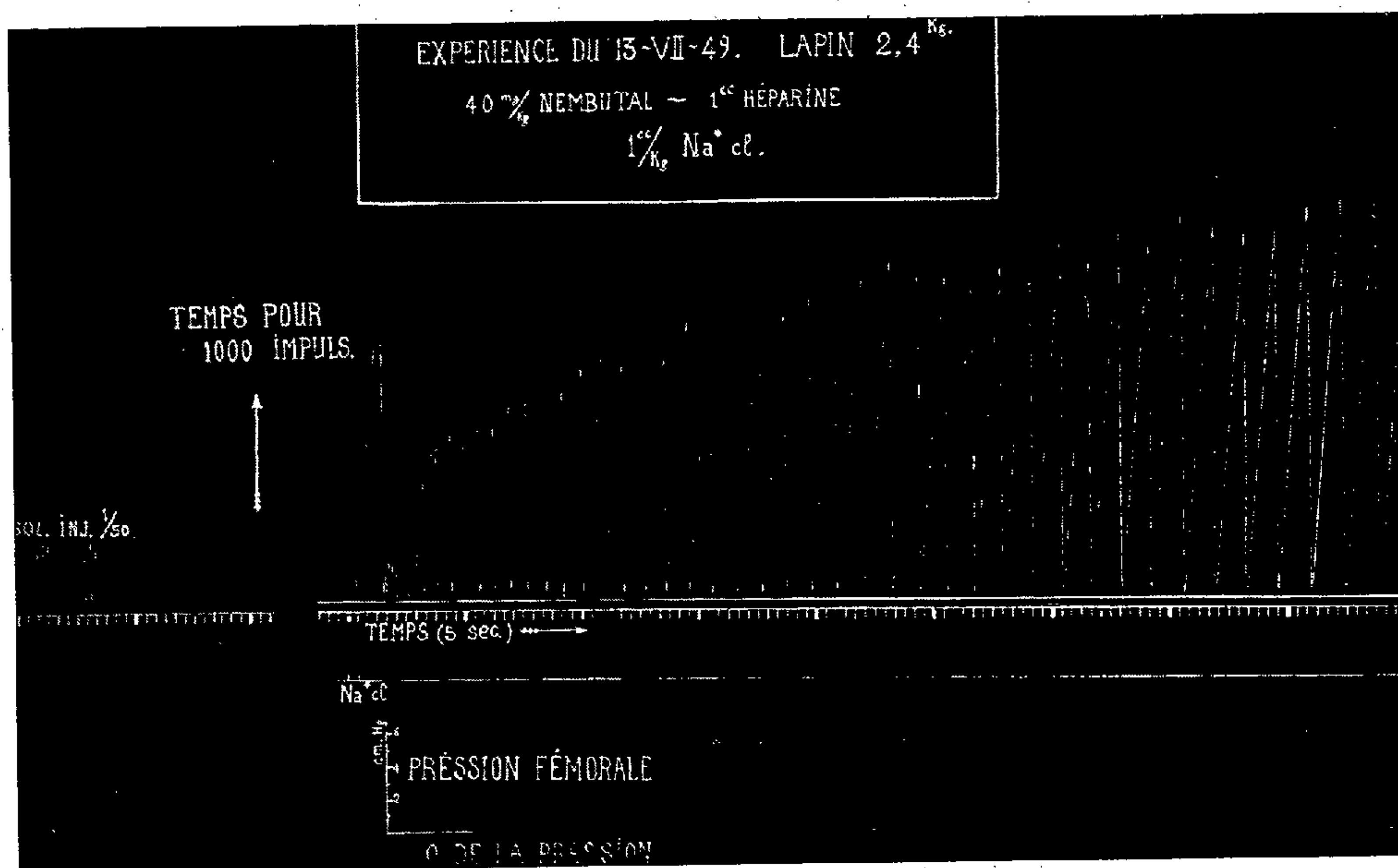


Fig. 2.

minutes qui suivent immédiatement son injection intraveineuse (1^{cm^3} de Na*Cl à 7 %). L'analyse mathématique de ces courbes donne des résultats superposables à ceux que nous avons obtenus avec la méthode des prélèvements

biologiques ([3]). L'appareil que nous présentons a été réalisé avec l'aide du Commissariat à l'Énergie atomique ; il fonctionne au laboratoire d'endocrinologie du Collège de France.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Inhibition de la synthèse de l'acétylcholine par le* D-[2-(*pantoylamino*) *éthylsulfono*] 4-*nitroanilide. Rétablissement de cette synthèse par le coenzyme* A. Note de MM. **Georges-N. Cohen**, **Bruno Minz** et Mme **Germaine Cohen-Bazire**, présentée par M. Robert Courrier.

Cohen et Cohen-Bazire ont montré que le D-[2-(pantoylamino) éthylsulfono] 4-nitroanilide inhibe la synthèse d'acide butyrique à partir de pyruvate par les suspensions lavées de *Clostridium saccharobutyricum* GR_4. Cette synthèse est rétablie par le coenzyme A ([1]).

Nous avons montré d'autre part que la pantoyltaurine inhibe la synthèse du coenzyme A à partir de ses constituants par les suspensions lavées de *Cl. saccharobutyricum* GR_4 ([2]) et par l'intestin thyroxiné de Lapin ([3]), ([4]). La pantoyltaurine est inactive en présence de coenzyme A préformé (*Cl. saccharobutyricum*, intestin normal). Le nitroanilide de la pantoyltaurine, par contre, se comporte non comme un inhibiteur de la synthèse du coenzyme A, mais comme un inhibiteur de son action.

Il nous a paru intéressant de rechercher si le nitroanilide de la pantoyltaurine était susceptible d'agir comme antagoniste de l'action du coenzyme A vis-à-vis de la synthèse de l'acétylcholine réalisée par le couple adrénaline-choline sur l'intestin de Lapin.

Nos expériences portent sur l'intestin de Lapin normal. Comme il ressort de la figure ci-après, le D-[2-(pantoylamino) éthylsulfono] 4-nitroanilide inhibe fortement la synthèse de l'acétylcholine. Cette inhibition persiste après plusieurs lavages de la préparation. La synthèse d'acétylcholine n'est partiellement rétablie que par addition de coenzyme A et n'est pas modifiée par l'addition de pantothénate ou de glutamate, parties constituantes de ce

---

([3]) F. Morel et M. Marois, *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 1366.

([1]) G.-N. Cohen et G. Cohen-Bazire, *Ann. Inst. Pasteur* (sous presse).

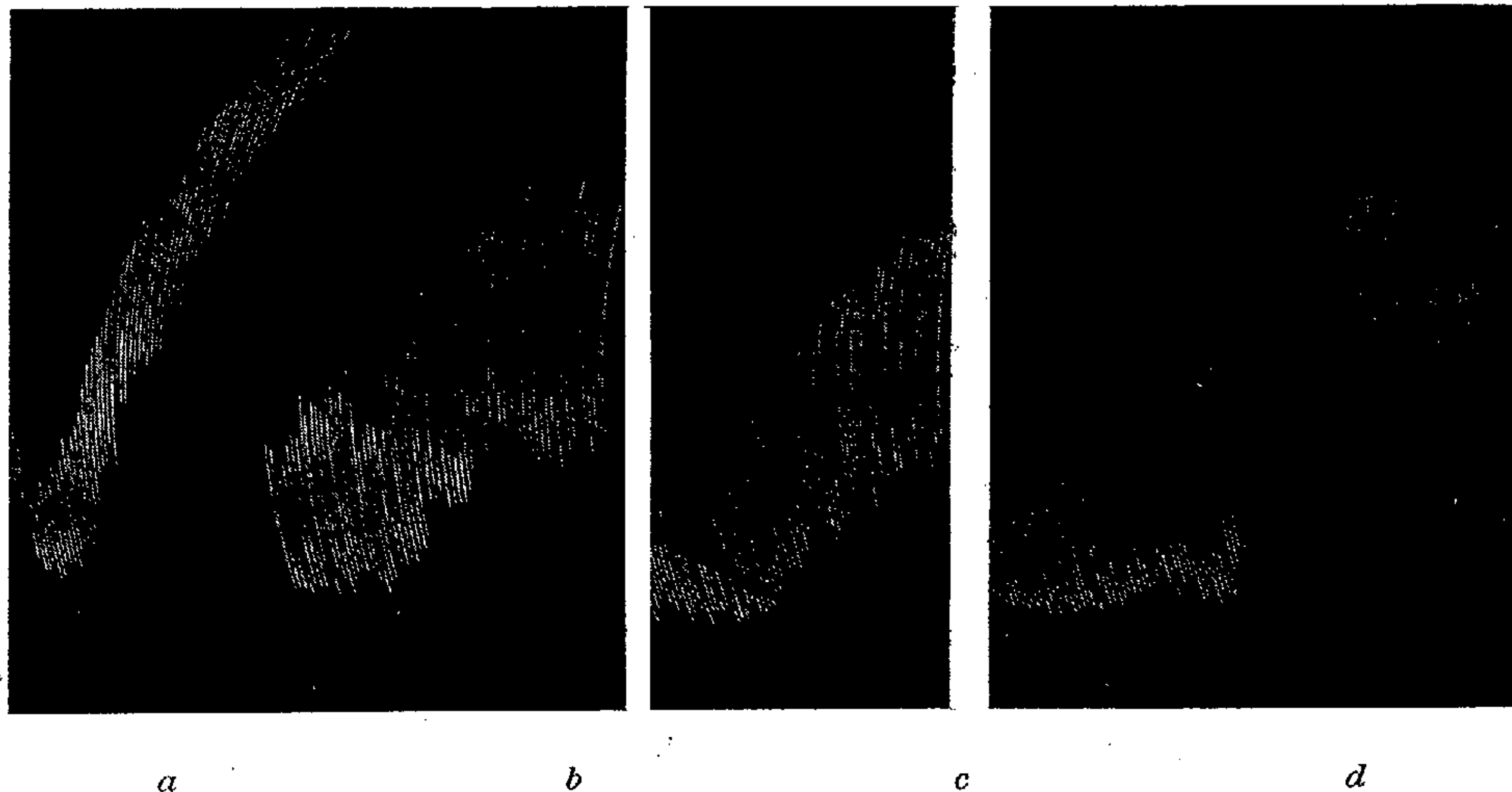
([2]) G.-N. Cohen, G. Cohen-Bazire et B. Minz, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 260.

([3]) G.-N. Cohen et B. Minz, *C. R. Soc. Biol. Paris*, séance du 25 juin 1949.

([4]) B. Minz et G.-N. Cohen, *C. R. Soc. Biol. Paris*, séance du 25 juin 1949.

coenzyme ([5]), ([2], ([6]). Cet intestin se comporte donc après action du nitroanilide comme un intestin d'un animal éthyroïdé : nous avons montré en effet ([3]), ([4]) que ce dernier n'est susceptible d'engendrer une synthèse d'acétylcholine qu'en présence de coenzyne A entier.

La sensibilité de divers intestins au nitroanilide de la pantoyltaurine est variable. Dans l'expérience décrite, l'inhibition est causée pour une concentration de ce corps dans le Tyrode égale à 10^{-4}M. Dans d'autres



a *b* *c* *d*

Intestin de Lapin. Actions du couple adrénaline-choline (concentrations finales dans le Tyrode : pour l'adrénaline : 10^{-8}M; pour la choline : 10^{-5}M). *a.* seul; *b.* en présence de D-[2-(pantoylamino) éthylsulfono] 4-nitroanilide 10^{-4}M; *c.* seul, après 4 lavages; *d.* en présence de 16 unités de coenzyme A correspondant à 11,2 μg de pantothénate combiné.

cas, nous avons obtenu une inhibition totale pour une concentration de 5.10^{-4}M.

L'effet inhibiteur de ce composé est nettement diminué si on le fait agir simultanément avec une quantité convenable de coenzyme A, active par elle-même sur le fragment d'intestin.

Le D-[2-(pantoylamino) éthylsulfono] 4-nitroanilide se comporte donc

---

([5]) F. Lipmann, N. O. Kaplan, G. D. Novelli, L. C. Tuttle et B. M. Guirard, *J. Biol. Chem.*, 167, 1947, p. 869.

([6]) B. Minz, G.-N. Cohen et G. Cohen-Bazire, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 389.

vis-à-vis de la synthèse de l'acétylcholine par l'intestin de Lapin comme dans le cas de la fermentation butyrique, en analogue antagoniste du coenzyme A.

La séance est levée à 15h40m.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 8 juin 1949.)

Note présentée le 30 mai 1949, de MM. *Daniel Schwartz* et *Jean Cuzin*, Croissance comparée de deux parcelles en culture; application à l'étude des engrais :

Page 1821, ligne 28, *au lieu de* une à deux fois plus grande, *lire* 1,15 fois plus grande.

(*Comptes rendus* du 18 juillet 1949.)

Note présentée le 20 juin 1949, de MM. *Hubert Forestier* et *Jean-Pierre Kiehl*, Étude de réactions entre oxydes solides dans le vide :

Page 199, 4e ligne, *au lieu de* Après 2 minutes de recuit sous la pression de 6.10^{-6} mm Hg, la majeure partie du ferrite est combinée, *lire* Après 2 minutes de recuit sous la pression de 6.10^{-6} mm Hg, la majeure partie du ferrite formé pendant le dégazage est combinée.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 AOÛT 1949.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Existence normale du césium chez les végétaux.* Note (*) de MM. **Gabriel Bertrand** et **Didier Bertrand**.

La présence possible du césium dans l'organisme des plantes n'a provoqué que de rares et très sommaires recherches. Dans le Mémoire où il décrit, avec toutes les explications désirables, sa belle découverte du rubidium dans les cendres de la Betterave et de quatre sur neuf autres espèces végétales, Grandeau a donné à entendre, par le titre et une des conclusions, qu'il croyait à l'existence du césium chez les plantes, mais sans fournir de preuve expérimentale à l'appui de cette opinion ([1]). De leur côté Dubrunfaut et von Lippmann, qui ont beaucoup étudié la Betterave à sucre, ont avancé y avoir reconnu du césium, mais sans apporter non plus aucune démonstration ([2]). Plus récemment, Freundler a recherché, avec Mlle Mesnager, le césium dans les cendres de la Laminaire; il n'en a pas trouvé ([3]). Par contre, il a soutenu, avec Mlle Pilaud, que les cendres de la Centaurée jaune (*Chlora perfoliata* L.) « renferment du césium à l'exclusion du rubidium » ([4]). Nous avons montré qu'il s'agissait là d'une erreur et expliqué comment celle-ci avait pu être commise ([5]).

On peut donc dire que l'on ne savait pas jusqu'aujourd'hui si le césium existe accidentellement ou à l'état normal dans l'organisme des végétaux et que l'on ignorait, dans un cas comme dans l'autre, en quelles proportions il pouvait s'y rencontrer.

(*) Séance du 17 août 1949.

([1]) *Ann. Chim. Phys.*, 3e série., **67**, 1863, p. 155-236.

([2]) *Die Chemie der Zuckerarten*, 3e éd., 1904. C'est dans cet ouvrage que l'assertion de Dubrunfaut est signalée.

([3]) *Bull. Off. des Pêches*, **41**, 1925, p. 47 et *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1158.

([4]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, **10**, 1928, p. 1280-1281.

([5]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 1232-1234.

Cette méconnaissance était due principalement aux difficultés analytiques qui entravaient l'étude de tels problèmes. La méthode, en partie chimique et et en partie spectrographique, que nous avons réalisée pour la recherche et le dosage du rubidium dans les matériaux d'origine biologique, s'est trouvée applicable ici. Nous rappelons brièvement en quoi consiste cette méthode ([6]). Après minéralisation en deux temps des matériaux choisis et reprise des cendres par l'acide chlorhydrique, on élimine les alcalino-terreux par le phosphate d'ammoniac, puis l'excès de réactif phosphatique par le chlorure de plomb qui transforme en même temps les sulfates en chlorures; enfin, on précipite l'excès de plomb par l'hydrogène sulfuré et l'on chasse le chlorhydrate d'ammoniac formé au cours des opérations par volatilisation au-dessous du rouge. Il reste un mélange de chlorures alcalins où se trouve la totalité du césium.

D'après nos essais, la raie ultime 4555,5 Å permet de doser spectrographiquement ce métal alcalin jusqu'à la quantité minima de $0^{\gamma},2$, à condition d'opérer avec toutes les précautions que nous avons recommandées pour le rubidium et de tenir compte de la perturbation apportée par les autres métaux alcalins, en particulier le sodium, à la courbe-étalon du césium. La raie 4593,2, un peu moins sensible, n'est utilisable qu'à partir de 5^{γ} environ.

Dans le matériel d'origine végétale, il y a, comme nous l'avons constaté, toujours du baryum, dont la raie 4554 Å est très nette. Ne disposant pas d'un spectrographe assez dispersif (celui dont nous nous servons est du grand modèle de Féry, construit par Beaudouin), il nous a fallu doser d'abord le baryum, en utilisant la raie 5535 Å, remonter de ce résultat au degré d'intensité que posséderait la raie 4554 Å si le baryum n'était pas accompagné de césium, et déduire cette intensité de celle de l'ensemble des raies 4554 et 4555,5 pour avoir finalement la teneur en césium.

Nous avons examiné un lot de plus de 60 spectrogrammes obtenus à partir des parties aériennes totales de plantes phanérogames de nos dernières récoltes, et 5 spectrogrammes provenant de la dissection d'un Champignon, le *Paxillus involutus* Fries. Nous n'avons poursuivi cet examen jusqu'à l'exécution du dosage que dans les cas où la correction nécessitée par le baryum apparaissait assez faible. Dans les conditions où nous sommes placés, nous estimons que les teneurs en césium trouvées doivent être exactes, en général, à 10 ou 20 % près.

Pour les autres cas, nous nous sommes contentés, à l'aide d'un spectrographe plus dispersif que le nôtre (un appareil catalogué E 478, à optique de verre, de la maison Hilger) mis obligeamment à notre disposition, en cette circonstance, par le Laboratoire de Châtillon (Énergie atomique), de contrôler si la raie 4555,5 Å, caractéristique du césium, pouvait être mise directement en évidence. Nous avons opéré sur un échantillon de *Silene inflata* Sm. recueilli

---

([6]) *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 325-327.

au bord de la Sioule, à Châteauneuf (Indre-et-Loire). Le baryum y était abondant et, avec notre spectrographe, la raie gênante de ce métal couvrait généreusement celle du césium. Dans le nouveau spectrogramme de *Silene*, la séparation des deux raies a été obtenue de la manière la plus nette.

Les quantités de césium que nous avons rencontrées dans les 37 dosages que nous avons réalisés sur les plantes phanérogames ont varié de 3^{mg} (*Gnaphalium undulatum* L., *Erythræa centaurium* Pers.) à $88^{mg},5$ (*Verbena officinalis* L.) par kilogramme sec, la moyenne générale étant très voisine de 22^{mg}. Dans le Champignon, en tenant compte des proportions des cinq parties analysées et de leurs teneurs respectives en césium, nous avons calculé $22^{mg},8$ par kilogramme de substance sèche [7].

D'après l'ensemble des résultats rapportés ci-dessus, il est logique de compter désormais le césium parmi les oligoéléments de la matière végétale.

MICROBIOLOGIE. — *Sur les deux cycles évolutifs insexués des* Plasmodium *chez les paludéens.* Note de M. **Edmond Sergent.**

L'étude, par les zoologues, du microbe découvert par A. Laveran, en 1880, en Algérie, dans les globules rouges des paludéens, montra qu'il s'agissait d'un Sporozoaire, auquel on donna le nom générique de *Plasmodium.* Ce parasite se multiplie dans les hématies par un processus schizogonique qui, commençant au stade de trophozoïtes intraglobulaires, aboutit à la formation de schizontes et de gamétocytes. C'est pourquoi on le nomma communément hématozoaire, ou, mieux, hémocytozoaire.

Après la découverte, par R. Ross, en 1897-1898, aux Indes, du rôle des moustiques dans la transmission des paludismes, on établit que les gamétocytes ingurgités, en même temps que le sang des malades, par les moustiques piqueurs, deviennent, dans l'intestin de ces insectes, des gamètes, dont l'union forme des zygotes, lesquels produisent des sporozoïtes qui s'amassent dans les glandes salivaires des moustiques.

On croyait donc connaître l'histoire naturelle des *Plasmodium* et l'on considérait que leur vie suit un double cycle évolutif : insexué, schizogonique, chez le vertébré; sexué, sporogonique, chez le moustique.

Cependant un mystère subsistait : comment les sporozoïtes, minces fils de 12 à 15^{μ} de longueur, se transforment-ils chez le vertébré piqué par le moustique en jeunes trophozoïtes, petits anneaux de 2^{μ} environ de diamètre, logés dans des globules rouges ?

Ce n'est que onze lustres après la découverte de A. Laveran, sept lustres après celle de R. Ross, qu'un coin du voile fut soulevé par les recherches de G. Raffaele à Rome (1934), C. G. Huff en Amérique (1935), S. P. James en

---

(7) Les résultats détaillés paraîtront dans une publication ultérieure.

Angleterre (1937) et les autres travaux qu'elles suscitèrent. Il apparut que les sporozoïtes inoculés par la trompe du moustique dans les tissus du vertébré ne pénètrent pas dans les globules rouges, mais qu'ils envahissent des cellules du système histiocytaire et des jeunes cellules de la lignée érythroblastique. On désigne parfois l'ensemble de ces cellules sous le nom de cellules blanches (c'est-à-dire sans hémoglobine), par contraste avec l'expression de globules rouges. Dans les cellules blanches, les sporozoïtes se multiplient par voie de reproduction agame. Ainsi commence un premier cycle évolutif insexué de la Plasmodie chez le vertébré. On l'appelle cycle exérythrocytaire, ou endohistiocytaire. Comme il se développe dans des cellules sans hémoglobine, il ne produit pas de pigment. Des mérozoïtes, dits hémotropes, produits par les schizontes de ce cycle exérythrocytaire, vont pénétrer dans les globules rouges, et sont à l'origine du second cycle évolutif insexué des Plasmodies chez le vertébré, le cycle classique, intraglobulaire, pigmenté, connu depuis la découverte de A. Laveran.

Ainsi s'expliquent, par l'existence d'un cycle exérythrocytaire, les avatars des *Plasmodium* depuis le stade de sporozoïtes jusqu'à celui de jeunes trophozoïtes intraglobulaires.

On a d'abord cru que, dans la vie d'une souche de Plasmodie, le cycle exérythrocytaire ne représentait qu'une phase intermédiaire entre le cycle sexué sporogonique qui se déroule chez le moustique, et le cycle insexué schizogonique pigmenté qui se déroule dans les globules rouges du vertébré. Mais de nouvelles informations contredirent cette opinion. Des formes exérythrocytaires sont retrouvées longtemps après la fin de la période d'incubation, qui va du sporozoïte au jeune trophozoïte.

La présente Note apporte des observations probantes de formes exérythrocytaires vues chez des oiseaux infectés de *Plasmodium relictum* depuis des mois et des années. Parfois nombreuses, en pleine période de multiplication, elles sont semblables à celles qui ont été décrites dans les premières phases de l'infection paludéenne. Ceci prouve que les schizontes exérythrocytaires produisent non seulement des mérozoïtes hémétropes, mais aussi, sans cesse, des mérozoïtes histiotropes qui vont infecter de nouvelles cellules blanches.

La souche de *Plasmodium relictum* qui nous a procuré ces observations a été isolée en 1933 d'un moineau algérien, et a été conservée depuis lors par inoculation de sang de canari à canari, sans passage par le culex. Les canaris sont gardés dans des cages individuelles grillagées, placées dans un laboratoire grillagé lui-même, de façon à éviter toute inoculation accidentelle de sporozoïtes par piqûre de culex.

Chez onze canaris, morts de mort naturelle, au cours de recherches expérimentales d'un autre ordre sur l'infection paludéenne, que nous poursuivons, des formes exérythrocytaires ont été trouvées dans des frottis d'organes internes

prélevés à l'autopsie : le poumon, le foie, la rate, le muscle cardiaque, les reins, la tunique intestinale, le cerveau, la moelle osseuse.

Tous les canaris étaient porteurs de Plasmodies intraglobulaires. Sept sur onze étaient splénomégaliques.

Les formes exérythrocytaires les plus nombreuses qui ont été trouvées sont des éléments de chromatine sans cytoplasme, de contours anguleux, irréguliers, de tailles très inégales, de $0^{\mu},1$ à $1^{\mu},2$ de diamètre, se présentant en groupe à l'intérieur d'érythroblastes. D'autres éléments de moindre taille, intracellulaires ou libres, réunis en amas, sont d'autant plus petits qu'ils sont plus nombreux (minimum 1/10 de μ). Pas de pigment.

Sur les onze canaris présentant à l'autopsie des formes exérythrocytaires, deux avaient succombé au cours de l'accès aigu (13 jours et 20 jours après l'inoculation); chez les neuf autres, la mort était survenue au cours de la période métacritique d'infection latente. L'espace de temps écoulé entre l'inoculation infectante et la mort était :

4 mois et demi	11 mois et 3 semaines
8 mois	1 an, 2 mois, 1 semaine
8 mois et demi	1 an, 5 mois, 1 semaine
11 mois et 15 jours	2 ans, 3 semaines
11 mois et 3 semaines	

L'observation la plus instructive est celle du canari qui a succombé à une rechute deux ans et trois semaines après sa contamination. L'accès aigu de première invasion qui avait suivi son inoculation avec du sang infectant avait été de faible intensité. Or, il est mort certainement d'une rechute de paludisme, car on a vu des Plasmodies intraglobulaires du cycle pigmenté dans le sang et dans les huit organes internes examinés, et des formes exérythrocytaires ont été trouvées, nombreuses dans le muscle cardiaque et dans la tunique intestinale, assez nombreuses dans les reins, rares dans le foie. La rate était hypertrophiée. La durée de l'infection latente a correspondu au quart de la durée moyenne de la vie d'un canari (de 7 à 9 ans). Pendant cette longue infection latente, les deux cycles insexués de la Plasmodie avaient continué leurs cours, puisque la nécropsie nous a fait constater une véritable explosion parasitaire, à laquelle participaient à la fois des éléments intraglobulaires et des éléments exérythrocytaires.

En conclusion, un grand nombre de faits viennent corroborer peu à peu la conception moderne des deux cycles évolutifs insexués des Plasmodies chez les paludéens. Les Plasmodies ne seraient pas seulement des hématozoaires. Mais de nouvelles études sont nécessaires; les recherches, qui ont été poursuivies jusqu'ici, surtout sur les Plasmodies aviaires, sont malaisées, parce qu'en raison de la petite taille des oiseaux en expérience, on ne peut explorer commodément qu'à l'autopsie les organes internes où se déroule le cycle endohistiocytaire.

On ne peut pas suivre l'évolution des formes exérythrocytaires chez le même sujet, il faut le sacrifier ou attendre sa mort. Il faudra élucider aussi la question des « formes toxoplasmoïdes », souvent mêlées aux formes exérythrocytaires.

On peut résumer ainsi qu'il suit les conceptions actuelles : les générations alternantes des Plasmodies comportent un cycle sexué chez l'hôte-moustique et deux cycles insexués chez l'hôte-vertébré. Le premier cycle insexué, dit exérythrocytaire ou endohistiocytaire, sans pigment, se déroule dans les cellules du système histiocytaire et dans les érythroblastes. Il se continue pendant toute la durée de l'infection latente. Des mérozoïtes, issus des schizontes de ce premier cycle, allant parasiter des globules rouges, instaurent le second cycle insexué. Celui-ci, dit cycle intraglobulaire pigmenté, qui n'a pour siège que les hématies, engendre des schizontes et des gamétocytes; il ne paraît pas produire, par voie régressive, des éléments susceptibles d'aller infecter les cellules du système histiocytaire ou les érythroblastes.

Les deux cycles insexués, endohistiocytaire et intraglobulaire, poursuivent tous deux leur évolution chez le même sujet, jusqu'à la mort ou la guérison de celui-ci. Ils continuent tous deux, aussi, leurs cours chez les sujets inoculés avec le sang de sujets infectés.

En somme, le cycle endohistiocytaire assure *la conservation de la souche* de Plasmodie chez le sujet paludéen, sous la forme d'infection latente, cachée dans les organes internes; le cycle intraglobulaire assure *la perpétuation de l'espèce* de Plasmodie, en produisant des gamétocytes, qui parcourront un cycle évolutif sexué chez le moustique suceur de sang infecté.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Sur la théorie gyromagnétique.*

Note de MM. **Alexandre Dauvillier** et **Pierre Henry**.

E. Sucksdorff [1], utilisant la statistique de l'agitation magnétique relevée à Sodankylä de 1914 à 1934, a montré que l'activité était notablement réduite lorsque la Lune, Vénus ou Mercure se trouvaient au voisinage de l'axe Soleil-Terre. Il a conclu de cette apparente action d'*écran*, que l'émission corpusculaire solaire responsable de l'activité se propageait sensiblement en ligne droite avec une vitesse comparable à celle de la lumière.

Cette action d'écran ne peut se concevoir comme une occultation directement exercée par le corps céleste, les éclipses de Soleil et les *passages* étant très rares et de courte durée. Il ne saurait être dû qu'à l'action d'une vaste chevelure de lignes de force entourant un corps doué d'un moment magnétique comparable à celui du Globe. Il était intéressant de rapprocher cette interprétation des prévisions de la théorie gyromagnétique du magnétisme cosmique, telle

(1) *Sond. Sitz. Finn. Akad. Wiss.*, p. 101-115, Helsinki (1945).

qu'elle a été récemment formulée par Blackett ([2]), la masse et la vitesse de ces corps célestes différant grandement.

La période de rotation de Mercure est égale à sa période de révolution, soit 88 jours, mais sa masse est mal connue. La densité, calculée d'après les estimations données, varierait de 2,86 à 6,2. Or la planète ne peut avoir, selon nous, une densité inférieure à celle de la Lune et des météorites pierreuses. Adoptant 3,4, on trouve une masse $M = 2 . 10^{26}$ g avec le rayon $R = 25 . 10^7$ cm. Supposant qu'elle est constituée par une sphère homogène de Sima, ainsi que la Lune, on obtient, pour son moment cinétique, la valeur

$$U = \frac{2}{5} M R^2 \omega = 4 . 10^{36} \text{ C. G. S.}$$

Il en résulterait un moment magnétique $\mathcal{M}$ égal à

$$\mathcal{M} = 4 . 10^{21} \text{ gauss. cm}^3,$$

double de celui de la Lune et 10^4 fois moindre que celui de la Terre.

La période de rotation de Vénus, mal connue, est de l'ordre du mois. Adoptant cette valeur, la théorie gyromagnétique lui attribue un moment magnétique de l'ordre de $4,7 . 10^{22}$ gauss. cm^3, dix fois plus grand que celui de Mercure. Rappelons que le moment magnétique de la Lune serait égal à $2 . 10^{21}$ gauss. cm^3.

Il peut paraître douteux que d'aussi faibles moments magnétiques puissent rendre compte de l'effet observé par Sucksdorff. D'après l'hypothèse ferromagnétique ([3]), au contraire, ces corps célestes seraient doués d'un moment quelque mille fois plus grand, du même ordre que celui du Globe. (Lune : $\mathcal{M} = 17 . 10^{23}$ gauss. cm^3). L'épaisseur de lithosphère ferro-magnétique dépend de la profondeur à laquelle est atteint le point de Curie de la magnétite (20^{km} pour la Terre), et peut s'estimer d'après les mesures de radioactivité effectuées sur les roches terrestres et les météorites. La face insolée de Mercure demeure à une température inférieure à celle du point de Curie de la magnétite, tandis que son hémisphère obscur surpasse de peu le zéro absolu, mais la conductibilité thermique des roches est si faible que la chaleur radioactive interne entre seule ici en considération.

On sait que l'étude du magnétisme stellaire n'est pas davantage favorable à l'hypothèse gyromagnétique. Thiessen a observé l'an dernier la disparition, sans doute temporaire, du champ magnétique général du Soleil, découvert par G. Hale. H. W. Babcock a découvert des étoiles variables du type A dont le champ polaire, très élevé, voisin de 8000 gauss, s'inverse avec la période en

([2]) *Nature*, 159, 1947, p. 658-666.

([3]) A. DAUVILLIER, *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 177; 225, 1947, p. 839; 227, 1948, p. 1003.

un temps aussi court qu'une dizaine de jours. Ces faits montrent que le moment magnétique des corps célestes n'est pas proportionnel à leur moment de rotation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles recherches sur le nickel de Raney et l'hydrogénation des cétones spécialement αβ-éthyléniques.* Note de MM. **Raymond Cornubert** et **Jean Phélisse.**

De nouvelles études ont apporté les résultats suivants :

1° *Catalyseurs de grande activité.* — Une étude systématique des différents facteurs qui régissent l'attaque des alliages Al-Ni par une lessive de soude, nous a montré l'influence majeure, d'abord de la teneur en nickel, ensuite de la granulation des alliages à 50 %, du lavage enfin, puis l'influence mineure ou nulle des autres variables. Nous sommes ainsi arrivés à mettre au point des techniques conduisant à des catalyseurs reproductibles agissant à la vitesse maximum (que nous dénommons X20 et X50 suivant la teneur de l'alliage attaqué) travaillant plus rapidement que l'alliage qui nous semble actuellement le plus systématisé, le nickel W7 d'Adkins et Billica (1), tout au moins pour autant que nous avons pu reproduire ce dernier. C'est ainsi que 4^{g} d'acide cinnamique dissous dans 100^{cm^3} d'alcool ont été hydrogénés à la pression atmosphérique en sept minutes avec le X20, en treize minutes avec le X50 et en vingt-quatre minutes avec le W7 (5^{g} de nickel ont été employés dans chaque cas). Nous préparons ces catalyseurs de la façon suivante :

X20 : 25^{g} de copeaux d'alliages à 20 % de nickel sont introduits avec 100^{cm^3} d'eau dans un erlenmeyer d'un litre muni d'un thermomètre et d'un agitateur mécanique et refroidi par un bain d'eau courante. On introduit ensuite goutte à goutte 100^{cm^3} de lessive de soude à 50 % de façon que la température d'attaque se maintienne à 40-45°. Quand toute cette soude est ajoutée et que l'effervescence paraît terminée, on verse en une seule fois 200^{cm^3} de solution de soude à 35 %. On abandonne alors pendant trente minutes à 40° en chauffant ou refroidissant quand cela est nécessaire. Le catalyseur est lavé une fois par décantation avec 400^{cm^3} d'eau, puis trois fois avec 50^{cm^3} d'alcool à 95° à chaque fois et est enfin soumis à la saturation en hydrogène.

X50 : dans un erlenmeyer d'un litre contenant 100^{cm^3} de lessive de soude à 30 %, on introduit 10^{g} d'alliage à 50 % de granulation 200, ceci par portions de 2^{g} toutes les 10 minutes ; après la dernière addition, on abandonne pendant 10 minutes, on porte sur le bain-marie bouillant pendant 30 minutes, on décante la solution d'aluminate, on lave le nickel avec 400^{cm^3} d'eau et trois fois avec 50^{cm^3} d'alcool à 95° à chaque fois. Puis le catalyseur est mis en suspension dans 100^{cm^3} d'alcool à 95 et est soumis à la saturation préalable en hydrogène.

---

(1) *J. Amer. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 695.

2° *Hydrogénation de la quinone.* — Nous avons indiqué précédemment que l'hydrogénation de la benzylidène-acétone dans l'alcool en présence de 0,22 % de chloroforme, ne conduisait qu'à la benzyl-acétone et non plus au benzylisopropanol [2]; nous avons montré aussi que l'acide chlorhydrique était responsable de cet arrêt de l'hydrogénation. Nous avons alors songé à utiliser cette méthode pour essayer d'apporter une contribution à l'étude de l'hydrogénation de la quinone qui jusqu'ici a fourni l'hydroquinone; peut-être, suivant la formule de Fittig, était-il possible, par un nickel *chloroformé*, de convertir la quinone en 1.4-dicétocyclohexane. L'expérience n'a conduit qu'à l'hydroquinone. Mais, craignant que l'acide chlorhydrique engendré aux dépens du chloroforme, n'intervienne catalytiquement au point de vue structural, comme l'un de nous l'a constaté maintes fois chez des dérivés disubstitués en α et α' de la série cyclohexanique, et bien qu'il s'agisse de questions différentes, nous avons songé à remplacer l'acide chlorhydrique issu du chloroforme par l'anhydride carbonique. A cet effet les nickels de Raney prêts à travailler ont été soumis à l'influence d'un courant pur et sec de ce gaz. La quinone a été convertie en hydroquinone.

3° *Hydrogénation de la benzylidèneacétone.* — Une étude systématique des nickels de Raney carboniques a montré à propos de ce corps, que la vitesse d'hydrogénation de la liaison double n'est pas modifiée du fait de la carbonatation, mais que l'hydrogénation du carbonyle subit un ralentissement considérable. Ceci accroît la sélectivité par rapport à un catalyseur non carbonaté et facilite la séparation de la cétone saturée à attendre, la benzylacétone, lorsqu'on arrête l'hydrogénation à la fixation d'une molécule d'hydrogène. Ce résultat a été retrouvé avec la dibenzylidène-acétone et la difurfurylidène-acétone. Il faut noter qu'une neutralisation par l'acide acétique est ici beaucoup moins efficace que l'action de l'anhydride carbonique.

Il a de plus été observé que les nickels provenant d'alliages à 20 % sont nettement plus sélectifs, après carbonatation, que ceux provenant d'alliages à 50 %. Par ailleurs, les catalyseurs issus d'alliages à 20 %, non carbonatés, hydrogènent un peu plus rapidement la liaison double et moins rapidement le carbonyle que les catalyseurs fabriqués avec des alliages à 50 %.

En dehors de toute carbonatation, il est apparu que la sélectivité, lors de l'hydrogénation de la benzylidèneacétone, est d'autant plus grande que le catalyseur est plus lavé; ceci s'explique par le fait que le lavage élimine l'alcali qui, d'après Delépine et Horeau [3], constitue l'agent activant de l'hydrogénation du carbonyle; l'élimination de l'alcali n'affecte au contraire que très peu la vitesse d'hydrogénation de la double liaison.

4. *Hydrogénation de l'$\alpha\alpha'$-dibenzylcyclohexanone* F 122°. — Ce qui précède

(2) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1131.
(3) *Bull. Soc. chim. France*, (5), 4, 1937, p. 31.

a été illustré en particulier par les résultats qui suivent relatifs à l'hydrogénation de 2^g de cette cétone; les temps ici concernent la fixation d'une molécule d'hydrogène.

X 20	25 min	A lavé 5 fois	160 min
X 50	45 »	» 12 fois	960 »
A lavé 1 fois	55 »	» 12 fois et neutralisé par l'acide acétique	∞

Ce catalyseur A a été obtenu à partir de 10^g d'alliage à 50 %, de granulation 200, en attaquant par la soude à 30 % et en ajoutant 2^g d'alliage toutes les 5 minutes.

M. **Ernst Gäumann** fait hommage de son ouvrage *Die Pilze*.

PLIS CACHETÉS.

M. **Xavier Séjourné** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 11 octobre 1948 et enregistré sous le n° 12.477.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Étude de la nébulosité zodiacale*.

(Renvoi à la Section d'Astronomie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces de la Correspondance, un fascicule polycopié : *Bulletin géologique de Madagascar*, n° 1.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Les développantes généralisées du second ordre d'une courbe plane*. Note de M. **Gabriel Viguier**, transmise par M. Élie Cartan.

Nous considérons une courbe plane (M) : $x(t)$, $y(t)$ à laquelle nous associons la courbe adjointe (L) : $F(t)$, $G(t)$; la paramétrisation choisie est la même pour les deux courbes.

Sur la tangente en M à (M) on porte le segment $\overline{MN}=\tau(t)$, d'où une courbe (N) dite *développante généralisée ordinaire*; sur la tangente en N à cette dernière, on porte $\overline{NP}=\chi(t)$, d'où une courbe (P) dont la tangente doit passer par le point L correspondant de la courbe-adjointe. La courbe (P) sera appelée *développante généralisée du second ordre* de la courbe-base (M).

Désignant par σ l'élément d'arc de la courbe-base, par σ_1 l'élément d'arc de

la développante (N), nous utilisons les notations

$$\frac{\cos}{\sin}\alpha = \frac{d\overrightarrow{M}}{d\sigma}, \qquad \frac{\cos}{\sin}\beta = \frac{d\overrightarrow{N}}{d\sigma_1} \qquad \text{avec} \quad \sigma_1'^2 = \alpha'^2\tau^2 + (\sigma' + \tau')^2.$$

D'autre part, il nous faut introduire les quantités vectorielles suivantes :

$$\omega_1 = \overrightarrow{ML} \wedge \frac{d\overrightarrow{M}}{d\sigma}\sigma'; \qquad \omega_2 = \overrightarrow{ML} \wedge \frac{d^2\overrightarrow{M}}{d\sigma^2}\frac{\sigma'^2}{\alpha'}.$$

La mise en équation du problème géométrique, précédemment défini, conduit à l'équation

(1) $$A(\chi' + \sigma_1') - \beta'\chi(\sigma_1' - B) = 0,$$

avec

(2) $$\begin{cases} A = \omega_1(\tau' + \sigma') - \alpha'\tau(\sigma'\tau - \omega_2), \\ B = (\omega_2 - \sigma'\tau)(\tau' + \sigma') - \omega_1\alpha'\tau. \end{cases}$$

Remarquons que nous avons, dans des études antérieures [1], signalé le cas $A = 0$, qui donne une équation de Riccati en $\tau(t)$ et le cas $B = 0$ qui fournit une équation du type Abel en $\tau(t)$. Il est remarquable de constater, dans le problème général, que connaissant une développante (N), la détermination de (P) se ramène à l'étude d'une équation de Riccati; on n'a donc pas une seule courbe (P), mais toute une famille de courbes projectivement égales.

Si maintenant nous envisageons le cas particulier $\chi(t) = -\sigma_1(t)$, c'est-à-dire celui où la développante généralisée (P) se réduit à une développante classique de la courbe (N), l'équation (1) se ramène à la forme

(3) $$B\sigma_1'' - \sigma_1(B' + \sigma_1'^2) = 0,$$

équation différentielle du second ordre en $\tau(t)$ qui fournit la développante (N) associée à la courbe-base (M).

Comme autre cas particulier, signalons celui pour lequel la normale en N à la courbe (N) passe par le point L. La développante (P) est alors déterminée par l'équation de Riccati réduite

$$\chi' - \frac{\beta'}{\lambda}\chi^2 + \sigma_1' = 0, \qquad \text{où} \quad \lambda^2 = \omega_1^2 + (\omega_2 - \sigma'\tau)^2,$$

équation que nous avons déjà rencontrée.

La rapprochant de la forme réduite de M. É. Cartan [2]

$$\chi' + P\chi^2 + 1 = 0,$$

---

(1) *Ann. Fac. Sc. Toulouse*, 59, 1945, fasc. IX, p. 1; *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1073.

(2) *Théorie des espaces à connexion projective*, Paris, 1937.

nous arrivons au résultat suivant : pour deux développantes (N) à paramétrisation isométrique nous avons entre les distances $\overline{NL}$ et $\overline{N^*L^*}$ correspondantes, la relation

$$\frac{\overline{NL}}{\overline{N^*L^*}} = \frac{\rho_1^*}{\rho_1} \cdot \frac{\sigma'^*}{\sigma'} \qquad (\sigma'_1 = \sigma'^*_1 = 1).$$

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Formes différentielles et métrique hermitienne sans torsion.* I. *Structure complexe, formes pures.* Note de MM. **Beno Eckmann** et **Heinrich Guggenheimer**, transmise par M. Élie Cartan.

Dans cette Note et une Note suivante nous indiquerons une série de formules et de relations de caractère purement local concernant les formes différentielles dans un espace à métrique hermitienne sans torsion ([1]). Ces résultats seront utilisés dans des Notes ultérieures pour établir des propriétés topologiques qu'entraîne l'existence d'une telle métrique dans une variété complexe close; nous généraliserons et simplifierons ainsi la théorie de Hodge ([2]) sur la structure homologique des variétés algébriques. Les détails des énoncés et des démonstrations seront publiés dans un Mémoire en préparation.

1. Considérons l'espace numérique R^{2m} des $2m$ variables réelles $x_1, \ldots, x_{2m}$ comme espace E^m de m variables complexes $z_1, \ldots, z_m$ en posant $z_j = x_{2j-1} + ix_{2j}$, $j = 1, \ldots, m$. R^{2m} peut alors être décrit par les $2m$ variables $z_1, \ldots, z_m$, $\bar{z}_1, \ldots, \bar{z}_m$ (où $\bar{z}_j$ est le complexe conjugué de z_j), en ce sens que toute fonction dans R^{2m} est une fonction des z_j, $\bar{z}_j$ et inversement. Parmi les transformations de coordonnées différentiables dans R^{2m} qui font passer des z_j, $\bar{z}_j$ à de nouvelles coordonnées complexes ζ_j, $\bar{\zeta}_j$, bornons-nous à celles où les ζ_j s'expriment comme fonctions des $z_1, \ldots, z_m$ seules (donc les $\bar{\zeta}_j$ des $\bar{z}_1, \ldots, \bar{z}_m$ seules); elles correspondent à des *transformations analytiques* dans E^m, données par m fonctions analytiques $\zeta_j = f_j(z_1, \ldots, z_m)$ à Jacobien $\neq 0$. Nous dirons que les coordonnées ζ_j, $\bar{\zeta}_j$ définissent dans R^{2m} la même *structure complexe* que les z_j, $\bar{z}_j$. Par une propriété d'un tenseur ou d'une forme différentielle dans R^{2m} relative à cette structure complexe, on entend une propriéte invariante dans ces transformations particulières.

2. Nous écrirons $z_{m+1}, \ldots, z_{2m}$ au lieu de $\bar{z}_1, \ldots, \bar{z}_m$. Soit

$$\varphi^p = \Sigma A_{\nu_1 \ldots \nu_p} dz_{\nu_1} \ldots dz_{\nu_p}$$

([1]) Ces métriques ont été examinées par E. Kähler, *Abh. Math. Sem. Hamburg*, **9**, 1933, p. 173-186.

([2]) W. V. D. Hodge, *The theory and application of harmonic integrals* (Cambridge, 1941), Chap. IV. Notre procédé a également été proposé et esquissé par A. Weil (*Comment. Math. Helv.*, **20**, 1947, p. 110-116). Nous avons adopté ici la plupart des notations de Weil.

une forme différentielle extérieure dans R^{2m} de degré p, $0 \leqq p \leqq 2m$, appelée aussi tout court une p-forme; les coefficients $A_{\nu_1 \ldots \nu_p}$, fonctions complexes différentiables des z_j, $\bar{z}_j$, constituent un tenseur covariant antisymétrique, et la somme s'étend à toutes les combinaisons $\nu_1, \ldots, \nu_p$ de $1, \ldots, 2m$, chacune prise une seule fois dans un arrangement arbitraire. Une p-forme φ^p sera dite *pure*, si tous les termes $\neq 0$ sont du même degré par rapport aux $d\bar{z}_j = dz_{m+j}$ seuls; cette notion, ainsi que ce degré que nous appellerons *le type de la forme pure* φ^p, a un sens invariant relatif à la structure complexe donnée dans R^{2m}. Toute forme φ^p se décompose de façon unique en une somme de formes pures $\varphi^p_{(h)}$ de type $h = 0, 1, \ldots, p$.

Dans l'espace linéaire Φ^p de toutes les p-formes nous définissons un opérateur additif C en posant pour les p-formes pures $\varphi^p_{(h)}$ de type h

$$C\varphi^p_{(h)} = i^p(-1)^h \bar{\varphi}^p_{(h)}. \tag{I.1}$$

C est un isomorphisme de Φ^p sur lui-même avec $CC = (-1)^p$; $C\varphi^p_{(h)}$ est de type $p - h$.

3. Soient $d\varphi^p$ la différentielle extérieure de φ^p, $\star\varphi^p$ la forme adjointe de φ^p par rapport à une métrique riemannienne donnée dans R^{2m}, δ l'opérateur $\star d \star$ et $\Delta = d\delta + \delta d$ l'opérateur généralisant celui de Laplace-Beltrami ([3]); si $\Delta\varphi^p = 0$, φ^p est dite *harmonique*. Nous supposons en particulier que la métrique envisagée correspond à une métrique hermitienne dans E^m, c'est-à-dire qu'elle est de la forme

$$ds^2 = \sum_{j,k=1}^{m} g_{jm+k}(dz_j\, dz_{m+k}), \qquad g_{km+j} = \bar{g}_{jm+k}; \tag{I.2}$$

la parenthèse désigne le produit *ordinaire* des différentielles.

Les transformés des opérateurs d, $\star$, δ et Δ par C seront désignés par $\tilde{d}$, $\tilde{\star}$, $\tilde{\delta}$ et $\tilde{\Delta}$ respectivement, par exemple $\tilde{d} = C^{-1}\, dC$. Ces opérateurs obéissent aux mêmes règles élémentaires que les premiers, par exemple $\tilde{d}\tilde{d} = 0$, $\tilde{\delta} = \tilde{\star}\, \tilde{d}\, \tilde{\star}, \ldots$ De plus, on vérifie facilement que $\tilde{d}d + d\tilde{d} = 0$, $\tilde{\delta}\delta + \delta\tilde{\delta} = 0$ et $\tilde{\star} = \star$ (c'est-à-dire $C\star = \star C$). Pour une forme pure $\varphi^p_{(h)}$, $d\varphi^p_{(h)} = 0$ équivaut à $\tilde{d}\varphi^p_{(h)} = 0$, et il en est de même pour δ et $\tilde{\delta}$.

4. La métrique hermitienne I.2 est dite *sans torsion* ([1]), si

$$\frac{\partial g_{jk+m}}{\partial z_l} - \frac{\partial g_{lk+m}}{\partial z_j} = 0$$

([3]) Pour les définitions et les propriétés de ces opérateurs, *voir* par exemple G. DE RHAM et P. BIDAL, *Comment. Math. Helv.*, 19, 1946, p. 1-49 et G. DE RHAM, *Ann. de Grenoble*, 22, 1946, p. 135-152. La définition de $\star\varphi^p$ (noté φ^{p*} dans les Mémoires cités) est à compléter en remplaçant les coefficients de φ^p, qui sont ici complexes, par leurs complexes conjugués.

pour tous les indices $j, k, l = 1, 2, \ldots, m$. On déduit de cette condition des propriétés remarquables (relatives à la structure complexe) des symboles de Christoffel et du tenseur de courbure, par exemple $R_{\varkappa\lambda,\mu\nu} \neq 0$ seulement si dans les deux couples $\varkappa\lambda$ et $\mu\nu$ un indice est $\leq m$ et l'autre $> m$. En utilisant ce fait et l'expression explicite des opérateurs Δ et $\tilde{\Delta}$, on démontre que $\Delta = \tilde{\Delta}$ (ou $C\Delta = \Delta C$), et que Δ appliqué à une forme pure donne une forme pure du même type. D'où les théorèmes :

(I.3) *Si φ^p est harmonique, $C\varphi^p$ l'est aussi.*

(I.4) *Si $\varphi^p = \sum_{h=0}^{p} \varphi^p_{(h)}$ est harmonique, alors chaque composante pure $\varphi^p_{(h)}$ de φ^p l'est aussi.*

ASTROPHYSIQUE. — *Observations photométriques dans le proche infrarouge de l'éclipse de Lune du 13 avril 1949.* Note de Mlle **Marie Bloch** et M. **René Falgon**, présentée par M. André Danjon.

Nous avons mesuré la brillance de la surface lunaire au moyen du convertisseur d'images que MM. Déjardin et Falgon ont décrit dans une Note précédente ([1]). Cet oculaire était monté derrière l'Équatorial Coudé de l'Observatoire de Lyon (32^{cm} d'ouverture, $7^{m},75$ de distance focale) et la photocathode se trouvait au cercle oculaire. Un écran de cellophane noire, placée en avant de ce récepteur, coupait le rayonnement au-dessous de 7000 Å et, de la sorte, la sensibilité de l'appareil s'étendait de 7000 à 10000 Å, avec un maximun de 8400 Å. La brillance de l'image transformée, visible en vert sur l'anode fluorescente, était alors mesurée au moyen d'un photomètre universel, sans écran diffusant, de Fabry et Buisson.

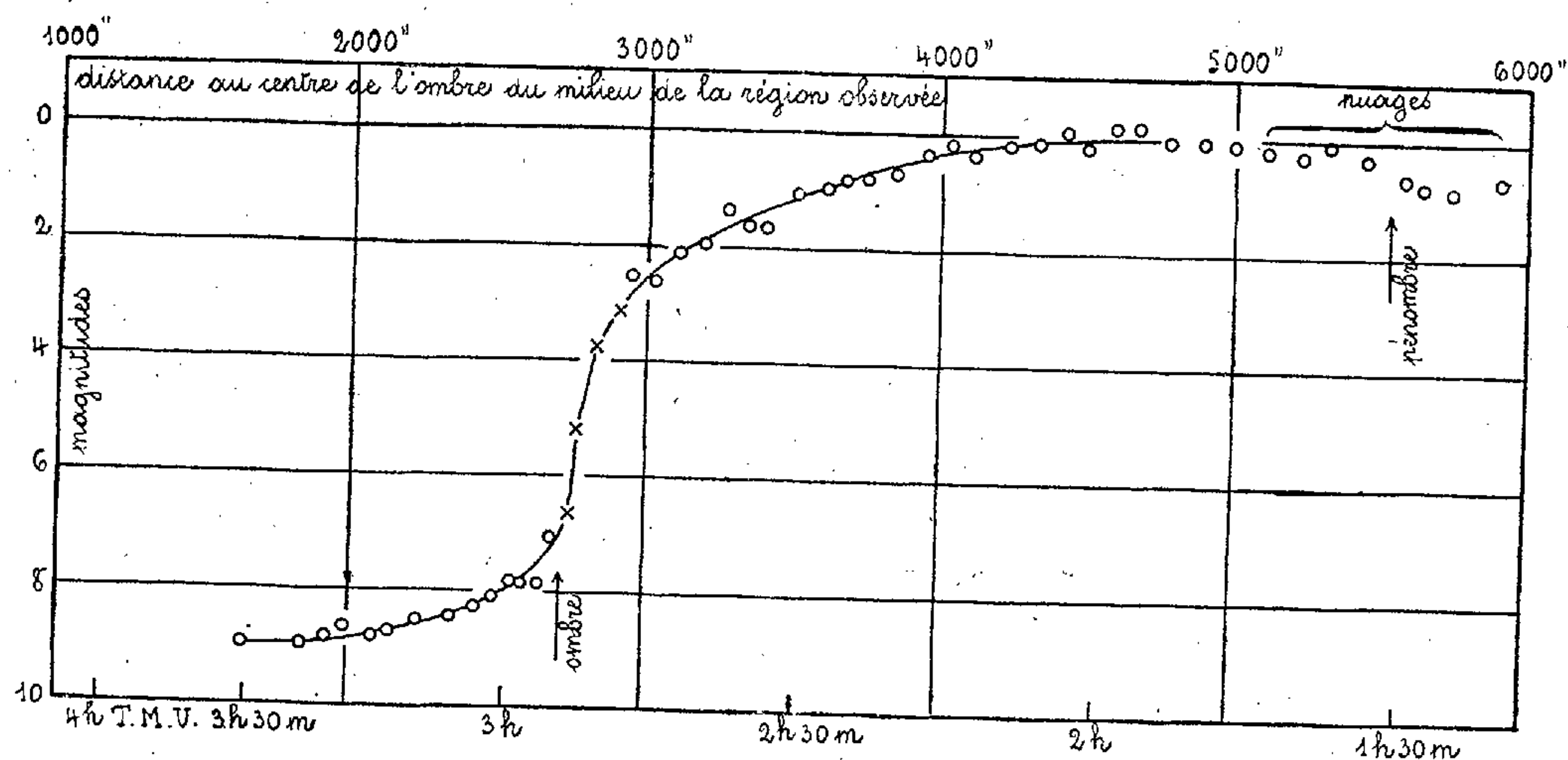
Le point de visée était Képler, et la surface observée était limitée, à l'Est, par le bord de la Lune, à l'Ouest, par un cercle d'environ $15',5$; sa grandeur était à peu près 56 % de la surface lunaire.

Les observations ont été faites alternativement par chacun de nous et les résultats sont donnés par la figure ci-contre. Ils ont été corrigés de l'absorption exercée par une atmosphère *pure*, attribuable uniquement à la diffusion moléculaire. La correction est d'ailleurs fort petite pour 8400 Å. Chaque point représente la moyenne de deux mesures faites par l'un et l'autre des observateurs. Quatre pointés individuels ont pourtant été marqués (par des croix) au moment de la chute brusque de la brillance.

Nous trouvons ainsi, au début de la totalité, une diminution de lumière de neuf magnitudes, qui correspondrait à une éclipse sombre. Mais nous devons signaler que les conditions atmosphériques d'observation n'ont pas été

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1417.

parfaites. Au début de la nuit le ciel était couvert. Il s'est dégagé progressivement, mais, au commencement de la pénombre, un léger voile de cirrus persistait encore, et le zéro de notre courbe ne correspond peut-être pas



exactement à la brillance vraie de la surface lunaire; dans ce cas l'amplitude mesurée serait un peu trop faible. Par contre, nous avons dû arrêter nos observations peu après le commencement de la totalité car la Lune, déjà à 75° du zénith, plongeait dans la brume. Il est ainsi fort probable que la densité de l'ombre a été surestimée à la fin des mesures.

ASTROPHYSIQUE. — *La courbure des couches de l'atmosphère solaire, son incidence sur l'assombrissement et sur la fonction* J. Note de M. **Paul Proisy**, présentée par M. André Danjon.

L'assombrissement d'une radiation à la surface d'une atmosphère stellaire s'écrit en toute rigueur (θ_0 définissant la position du point)

$$\frac{I}{I_0}(0, \theta_0) = \int_0^\infty \left(\frac{J}{I_0}\right) \sec\theta \exp\left(-\int_0^\tau \sec\theta \, d\tau\right) d\tau. \tag{1}$$

Dans une atmosphère dont on néglige la courbure des couches, θ restant égal à θ_0,

$$\frac{I}{I_0}(0, \theta_0) = \int_0^\infty \left(\frac{J}{I_0}\right) \sec\theta_0 \exp(-\tau \sec\theta_0) \, d\tau, \tag{2}$$

et l'on est conduit ([1]) pour I/I_0 et $J(\tau)$ à des expressions de la forme

$$\frac{I}{I_0} = A + B\cos\theta + C\cos^2\theta, \tag{3}$$

([1]) D. Chalonge et V. Kourganoff, *Annales d'Asprophysique*, 9, 1946, p. 69.

et

(4) $$\frac{J}{I_0} = A + B\tau + C\frac{\tau^2}{2}.$$

1. J'ai indiqué quel assombrissement on doit observer lorsque l'atmosphère est sphérique ([2]). Le résultat, indépendant des conditions de l'équilibre radiatif considéré alors pour une étude particulière, reste valable quelles que soient les propriétés de la masse gazeuse, pourvu qu'elles admettent la symétrie de révolution, et qu'elles varient sans discontinuité. La loi générale est un polynome de degré n en $\cos\theta$ avec des termes supplémentaires qui, dans le cas le plus simple, peuvent être limités au terme

$$-a_1 \sin^2\theta \,\mathrm{Ltg}\left(\frac{\theta}{2}\right),$$

— ou en fonction de $\cos\theta$: $-\left(\frac{a_1}{2}\right)(1-\cos^2\theta)\,\mathrm{L}\frac{(1-\cos\theta)}{(1+\cos\theta)}$ —,

n étant alors égal à 2 [*cf.* ([2])]

(5) $$\frac{I}{I_0} = \alpha + \beta\cos\theta - k'\cos^2\theta - \left(\frac{a_1}{2}\right)(1-\cos^2\theta)\,\mathrm{L}\frac{(1-\cos\theta)}{(1+\cos\theta)}.$$

La contribution de la courbure à l'assombrissement s'écrit donc

(6) $$(\alpha - A) + (\beta - B)\cos\theta - (k' + C)\cos^2\theta - a_1\sin^2\theta\,\mathrm{Logtg}\frac{\theta}{2},$$

on déduit aisément ses variations de celles de $-a_1\sin^2\theta\,\mathrm{Logtg}(\theta/2)$ indiquées dans ([2]). Le résultat du calcul de l'influence de la courbure sur le rayonnement près du bord solaire ([3]) confirme ces variations.

2. La courbure des couches conduit à substituer (1) à (2), soit à multiplier J/I_0 par

$$R_{(\tau,\theta)} = \frac{\sec\theta\exp\left(-\int_0^\tau \sec\theta\, d\tau\right)}{\sec\theta_0\exp(-\tau\sec\theta_0)}.$$

A. La comparaison de la contribution des couches au rayonnement dans des atmosphères sphériques et planes ([3]) nous a fait connaître le signe de $\sec\theta\exp\left(-\int_0^\tau \sec\theta\, d\tau\right) - \sec\theta_0\exp(-\tau\sec\theta_0)$: dans les couches supérieures ($\tau < \tau_0$ variable avec θ_0, un calcul approché donne $\tau_0 = \cos\theta_0$) cette quantité est > 0, c'est-à-dire que $R_{(\tau,\theta)}$ y est > 1, d'où un *renforcement apparent* de J dans ces couches; dans les couches profondes, au contraire, ($\tau > \tau_0$) $R_{(\tau,\theta)} < 1$, d'où une *diminution apparente* de J.

([2]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1479.
([3]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1102.

Ce résultat peut expliquer en partie les variations de J dans les couches supérieures ($\tau < 0,2$) introduites par Unsöld (4) pour lever certains désaccords, il permet en outre de les préciser. Ces variations *apparentes* résultant de la courbure varient d'un point à un autre : le renforcement apparent de J s'étend de $\tau = 0$ à $\tau_0 \approx \cos\theta_0$, et la diminution au delà de τ_0. Dans le cas du Soleil, ces variations sont absolument négligeables sur la plus grande partie du disque; elles deviennent sensibles près du bord ($\cos\theta_0 \leq 0,2$).

B. Pour remédier à des imperfections du polynome ([4]), Kourganoff propose ([5]) une fonction $J(\tau)$ *empirique* plus satisfaisante, qui revient à introduire dans l'expression de I/I_0 des termes en $L(1+\cos\theta/\cos\theta_0)$. (On remarquera la ressemblance de ce terme avec notre terme supplémentaire obtenu par voie théorique, en faisant le minimum d'hypothèses.)

Tout ce qui précède montre qu'on obtient une amélioration des résultats sans modifier J, en tenant compte de l'influence de la courbure des couches : c'est alors $JR(\tau, \theta)$ qui intervient, et cette quantité est fonction de τ et de θ, et non de τ seul.

3. L'expression de la loi d'assombrissement ne permet pas de définir une solution unique pour JR/I_0 fonction de τ et de θ; mais pour tenir compte de la manière dont les termes en θ s'introduisent dans cette expression, il est indiqué de traiter séparément les termes de I/I_0 qui résultent de la courbure des couches, et de retenir pour I/I_0 notre expression théorique (5) ou une des solutions plus complètes indiquées dans ([2]), pour J/I_0 l'expression (4), et pour $(J/I_0)R(\tau, \theta)$

$$\alpha + (\beta - B)\cos\theta - (k' + C)\cos^2\theta - a_1 \sin^2\theta \, L \, \mathrm{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right) + B\tau + C\frac{\tau^2}{2}; \qquad (7)$$

ces expressions vérifient (1) et améliorent les résultats obtenus.

ASTROPHYSIQUE. — *Découverte d'une Nova dans la constellation de l'Écu.* Note (*) de M. **Charles Bertaud**, présentée par M. André Danjon.

L'examen stéréoscopique, le 1er août 1949, d'une plaque posée le 31 juillet entre $22^h 33^m$ et $22^h 53^m$, T. U., m'a montré l'existence d'une Nova de magnitude photographique 9,7, qui se trouvait aussi sur un deuxième cliché posé au même instant. La plaque à laquelle était comparée celle du 31 juillet couvrait la même région du ciel et avait été obtenue avec le même appareil en novembre 1948. Bien qu'atteignant la 13e grandeur environ, elle ne montrait rien à l'emplacement de l'objet considéré.

([4]) *Zeitschrift für Naturforschung*, 3 a, 1948, p. 486.
([5]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 2011.

(*) Séance du 17 août 1949.

Cette étoile, observée le soir du 1er août, accusait déjà une augmentation d'éclat de plus d'une demi-grandeur, laissant prévoir qu'elle était dans la phase croissante, vraisemblablement à proximité de son maximum. Un spectrogramme obtenu le 3 août par M. Ch. Fehrenbach, à l'Observatoire de Haute-Provence, confirmait le caractère de Nova. La raie brillante $H\alpha$ était intense et une autre émission existait probablement dans le spectre.

La position approchée est la suivante :

$$\left\{\begin{array}{l}\alpha = 18^h 50^m 59^s,\\ \delta = -4^\circ 19{,}'7,\end{array}\right. \quad \text{(Equ. 1900,0)},$$

d'où les coordonnées galactiques dans le système des tables d'Ohlsson :

$$\lambda = 357^\circ,1, \qquad \beta = -4^\circ,4.$$

Elle se trouve près de λ Aquilæ en bordure d'une des parties les plus brillantes de la Voie Lactée, le nuage stellaire de l'Écu. Deux autres novæ sont apparues à proximité, l'une en 1905 (Nova Aquilæ n° 2) et la seconde en 1927 (El Aquilæ), toutes deux novæ à évolution rapide, découvertes respectivement par MM. Fleming et Max Wolf et ayant atteint, au maximum, les magnitudes 8,2 et 6,4. La Nova est invisible sur 46 clichés de la collection de l'Observatoire de Meudon pris dans cette région du 13 juillet 1945 au 5 novembre 1948, avec des poses moyennes de 15 minutes pouvant atteindre une grandeur voisine de 13. Pour huit de ces clichés, la pose était suffisante pour obtenir une magnitude limite de 14,5. De plus, la nova ne se trouve pas sur la Carte du Ciel, zone —5° de San Fernando, cliché du 1er août 1921, magnitude limite voisine de 14, ni sur la carte de Franklin-Adams du 3 août 1910, qui atteint la grandeur 16,5 environ.

Depuis sa découverte, la Nova a été régulièrement observée par moi-même et M. F. Baldet chaque nuit où le temps était favorable; mais nous avons été gênés par la Lune à partir du 6 août. 31 clichés ont été obtenus jusqu'au 15 août compris et mesurés photométriquement par nous deux (méthode des diamètres pour deux instruments et méthode extrafocale pour un troisième). Les instruments employés ont été les suivants : un triplet Zeiss ($D = 17^{cm}$, $F = 120^{cm}$), un Dogmar Goerz ($D = 11^{cm}$, $F = 49^{cm}$) et un objectif Voigtländer, en extrafocale ($D = 13^{cm}$, $F = 60^{cm}$). Les magnitudes photographiques des étoiles de référence ont été extraites du *Henry Draper Catalogue*. Le tableau qui suit donne la magnitude photographique, moyenne de nos déterminations, et le nombre N de clichés mesurés. Les plaques employées étaient des Guilleminot Superfulgur.

MAGNITUDES PHOTOGRAPHIQUES.

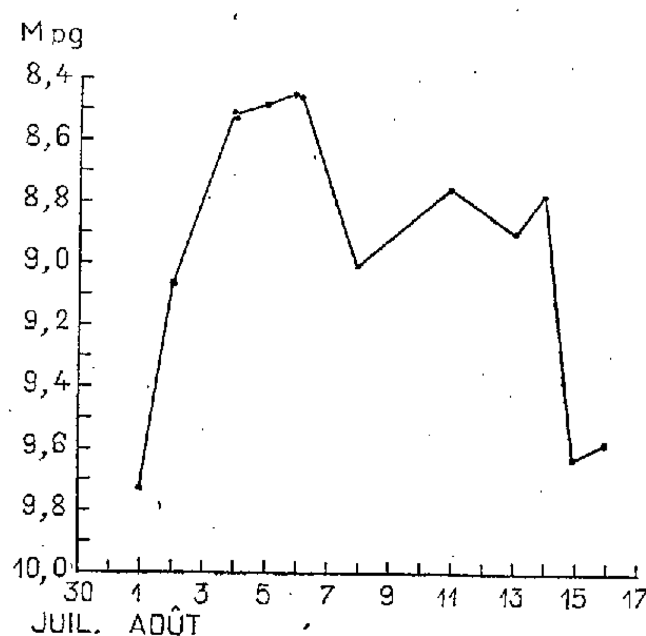
1° *Étoiles de comparaison.*

N° HDC.	m_{pg}.	N° HDC.	m_{pg}.
176118	8,05	175705	9,0
175546	8,6	175750	9,9
175560	8,95	175547	10,35

2° *Nova.*

Date.	T. U.	m_{pg}.	N.	Date.	T. U.	m_{pg}.	N.
1949 Juillet...	31,95	9,73	1	1949 Août.....	7,93	9,01	1
1949 Août...	1,97	9,07	2	»	10,89	8,76	2
» ...	3,91	8,51	1	»	12,88	8,90	3
» ...	3,99	8,53	2	»	13,88	8,78	3
» ...	5,02	8,48	3	»	14,88	9,63	3
» ...	5,91	8,45	1	»	15,88	9,58	3
» ...	6,06	8,46	3				

Nous avons conservé le chiffre des centièmes pour les magnitudes comme résultant de l'interpolation graphique. L'erreur quadratique moyenne interne de nos mesures est de $\pm 0^{m},04$.



Courbe de lumière photographique de la Nova.

La figure ci-dessus donne la courbe de lumière correspondante. Le maximum a été atteint le 6 août avec la magnitude 8,4, de sorte que l'amplitude de la Nova dépasse certainement huit grandeurs. Ce maximum a été suivi de fluctuations qui paraissent réelles, l'une d'elles atteignant 0,6 magnitude.

Il est encore prématuré de conclure quant au type précis de cette Nova, mais il s'agit très vraisemblablement d'une Nova lente dont la courbe de lumière, dans son début, présente quelque analogie avec celle de Nova Aquilæ 1936,6.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la présence d'ortho-aminoacétophénone dans les hydrolysats alcalins du tryptophane.* Note (*) de M. **Joseph Tabone** et Mme **Daisy Robert**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

On sait depuis longtemps que le tryptophane en solution alcaline est instable. Herzfeld le premier en 1913 (1) puis de nombreux auteurs (2), (3), etc.

(*) Séance du 1er août 1949.

(1) *Biochem. Z.*, **56**, 1913, p. 82.

(2) Lugg, *Biochem. J.*, **22**, 1938, p. 775.

(3) Kuiken, Lyman et Hale, *J. Biol. chem.*, 171, 1947, p. 551.

ont montré que dans un tel milieu, lentement à froid et plus rapidement à chaud, il se décompose pour donner naissance à l'indol. Il se forme certainement d'autres substances, au cours de l'hydrolyse alcaline du tryptophane. Cependant leur nature chimique reste à déterminer.

Récemment, nous avons observé que les hydrolysats alcalins de tryptophane agités avec de l'éther laissent passer dans ce solvant en même temps que l'indol une substance présentant les caractères d'une arylamine ([4]). Nous montrerons ici l'identité de cette substance avec l'ortho-aminoacétophénone et nous préciserons le mécanisme de sa formation.

Il importait de séparer de l'indol la substance étudiée : l'extrait éthéré est évaporé et le résidu repris par de l'acide sulfurique dilué. La solution acide est agitée avec son volume d'éther. Dans ces conditions, la totalité de l'indol et seulement une faible quantité de la substance passent dans l'éther. La phase aqueuse, renfermant la presque totalité de la substance étudiée, donne une réaction de Marshall positive : après diazotation, et copulation avec le monochlorhydrate de N-α-naphtyldiéthylpropylènediamine (R IV), elle se colore, en effet, en pourpre. Au sujet de cette coloration, disons, d'une part, qu'elle n'a plus lieu si la solution est préalablement soumise à l'action du cétène : ce qui plaide en faveur de l'existence d'une fonction amine aromatique et, d'autre part, que son développement est très lent : ce qui doit être attribué à la présence d'un radical en position ortho par rapport à la fonction amine ([5]). Les caractères analytiques que nous venons de mentionner nous ont permis d'établir une méthode de dosage de cette arylamine et de préciser alors le mécanisme de sa formation. C'est ainsi que nous avons pu constater que l'oxygène joue un rôle important dans la formation de cette substance : si, avant l'hydrolyse, l'on prend soin de priver les solutions alcalines de tryptophane de l'oxygène qu'elles renferment, on ne trouve que des quantités minimes de cette arylamine dans les hydrolysats, au contraire les hydrolysats en contiennent de fortes quantités si au cours de l'hydrolyse on fait passer à travers la solution un courant d'air privé de gaz carbonique. Nous avons mis à profit ce dernier fait pour obtenir la substance étudiée en quantité suffisamment abondante pour pouvoir en déterminer la constitution chimique. Nous avons alors constaté que les solutions concentrées précipitent avec la dinitrophénylhydrazine et également avec l'hydroxylamine. Les oximes et les dinitrophénylhydrazones ainsi obtenus ont été recristallisés et leurs points de fusion ont été trouvés identiques à ceux des mêmes dérivés obtenus à partir de l'ortho-aminoacétophénone de synthèse : les oximes fondent sans décomposition à 111-112°, les dinitrophénylhydrazones fondent en se décomposant à partir de 220°. L'analyse

([4]) TABONE, ROBERT et TRŒSTLER, *Soc. Chim. Biol.*, **30**, 1948, p. 547.

([5]) TABONE et MAGIS, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **28**, 1946, p. 184.

élémentaire des chlorhydrates de dinitrophénylhydrazones a donné :

Théorie :	C : 47,78	H : 3,97	N : 19,90
Trouvé :	C : 47,08	H : 4,01	N : 19,72.

Conclusions. — Le tryptophane, traité par les solutions diluées de soude dans les conditions habituellement utilisées pour l'hydrolyse des protéines, donne naissance à de l'*o*-aminoacétophénone. L'oxygène favorise la formation de cette substance.

MÉTALLOGÉNIE. — *Sur le gisement de fer de Chaillac (Indre).* Note de M. HENRI VINCIENNE, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

Ce gisement, à la lisière nord du Massif Central et à 45^{km} environ au S-SW de Châteauroux, est composé de deux parties : 1° le *gîte méridional des Redoutières,* à 1^{km} au Sud de Chaillac, formant près de la ferme du Rossignol une butte culminant à 219^{m} ; 2° le *gîte septentrional,* plus au Nord, compris entre Chaillac, Dunet, Chénier et les Pérelles.

Le premier montre une minéralisation massive, stratifiée dans l'ensemble, concrétionnée dans le détail, où le fer, à l'état d'hématite rouge et brune, s'associe à d'abondantes gangues : *barytine,* fluorine, quartz et calcédoine. La minéralisation, en rapport avec des failles presque N-S, est d'origine filonienne ; mais elle s'est substituée, près de la surface topographique, à des assises gréseuses et argileuses, non datées, antérieures aux couches l_1 t de la Carte au 80 000 (f. 144). Seuls la structure et les éléments des grès ont été en partie conservés. La minéralisation s'est faite avec remplacements dans l'ordre suivant : barytine, fluorine, quartz et calcédoine, hématite. Mais des remises en mouvement, après fracturation, se traduisent en grand par l'existence de fissures, notamment NNW-SSE, remplies par un concrétionnement subvertical, discordant sur la tranche de minéralisations interstratifiées subhorizontales. Une brèche continentale de démantellement, composée de blocs de minerais et de grès ferrugineux, couronne le gisement et paraît passer, comme le montrait la sablière de la Raillerie, sous les formations l_1 t.

Le gîte septentrional, plus récent, est sédimentaire. Le fer s'y trouve dans les assises argilo-sableuses du Trias et du Rhétien (l_1, t). Ces assises superposées au Cristallin et limitées à l'Est par une faille NE-SW, se sont déposées dans une lagune peu profonde, qui s'allongeait d'Est en Ouest jusque vers Chaillac, sur la bordure nord du Massif Central. La sédimentation semble y avoir été troublée par des courants et ravinements. Dans l'ensemble, les dépôts y ont été plus grossiers et sableux près des rivages, plus fins et argileux vers le centre du bassin ; mais dans le détail, ils apparaissent souvent en lentilles enchevêtrées, sujettes à de brusques variations verticales et horizontales. Le fer exploitable (Fe_2O_3 hydraté ou non) est capricieusement distribué en petites

lentilles interstratifiées dans les argiles ou les grès. Sous le microscope, la plupart des minerais dénotent une épigénie, qui a conservé en grande partie la nature et la structure de la roche minéralisée. L'argile semble avoir joué un rôle primordial dans la fixation du fer, par ses propriétés adsorbantes. On ne constate pas de venues successives comme dans le gîte sud et les gangues d'apport (barytine, traces de fluorine) sont négligeables.

L'épigénie est antérieure au Lias proprement dit, elle n'atteint pas le Lias inférieur superposé, qui, calcaire et dolomitique, aurait pu donner lieu à des substitutions faciles, et j'ai observé, au sommet des terrains $l_1 t$, un ravinement de grès ferrugineux par le Lias inférieur calcaire resté non minéralisé malgré l'intime pénétration de celui-ci dans les grès. D'autre part, la présence, dans les grès et sables ferrugineux du $l_1 t$, de galets ou débris de minerais, remaniés des couches sous-jacentes, permet de penser que l'épigénie a suivi de peu la sédimentation et a pu même s'opérer au cours de celle-ci : la forme de l'imprégnation, en lentilles généralement délimitées par la stratification, l'existence, au-dessus de grès ferrugineux, de blocs remaniés de même nature, au sein de sables stériles, sont en faveur de la même hypothèse. Les solutions ferrugineuses ont pénétré par le haut dans les sédiments récemment déposés ou en cours de dépôt. Elles provenaient par érosion continentale et solubilisation, des gîtes ferrugineux des terres voisines (g. méridional ou g. similaires actuellement détruits) et se sont épandues dans la lagune au gré des courants et de la topographie des fonds. L'origine du fer paraît donc la même que dans les minerais oolithiques, formés en milieu marin. Les traces de barytine et de fluorine, de remaniement facile et que l'on a déjà observées dans des sédiments, ne s'opposent pas à la théorie sédimentaire. Des concentrations, consécutives à l'épigénie sédimentaire, ont pu contribuer à la formation des petits amas de minerais exploitables, soit dans les grès ferrugineux, dont les grains détritiques (quartz, feldspath, mica) ont été en partie corrodés et remplacés par l'oxyde de fer, soit dans les argiles ocreuses.

Les minerais des grès contiennent encore des grains détritiques, quartz surtout, et conservent trace de la structure gréseuse, notamment dans la disposition des zonules concrétionnées. Les minerais des argiles peuvent renfermer de fins granules détritiques et sont plus ou moins argileux, compacts ou concrétionnés; leur rubanement a pris naissance *in situ*. On observe, dans les types concrétionnés, une germination de sphérules d'oligiste, de 5 à 20^{μ}, au sein de la goethite : cette germination n'est généralement pas immédiate et se fait par l'intermédiaire d'hématite rouge amorphe ou faiblement cristalline et jaunâtre par réflexion. La coalescence de ces sphérules a formé les bandes concrétionnées et les plages compactes d'oligiste. Le dépôt initial, hydraté et colloïdal, a évolué en goethite, puis en oligiste.

En résumé, les minerais de Chaillac ont un caractère *épigénétique* accusé et le gîte présente une *dualité* de constitution et d'origine : d'une part, plus ancien,

du cycle hercynien, à caractère filonien, mais avec substitution dans des grès et des argiles; d'autre part, triaso-rhétien, *sédimentaire et lagunaire,* avec épigénie dans une série argilo-sableuse et concentrations secondaires. Ces deux types sont très particuliers; le second, exceptionnel en France, est peu décrit dans la littérature mondiale; on peut le rapprocher génétiquement des gîtes de Salzgitter et de Peine, qui diffèrent néanmoins par leur milieu (marin) de formation, leur structure en partie oolithique et leur caractère détritique plus manifeste.

ZOOLOGIE. — *Sur la formation de certains cils vibratiles chez les Annélides Polychètes.* Note de M. **François Rullier**, présentée par M. Louis Fage.

Il m'a été donné de surprendre le processus de la formation de certains cils vibratiles chez deux Annélides Polychètes : l'un errant, *Platynereis Dumerilii* (Audouin et Milne-Edwards); l'autre sédentaire, *Sabellaria alveolata* L.

Chez *Platynereis Dumerilii,* il s'agit des cils de l'organe nucal, qui apparaissent sur les larves présentant de 12 à 16 segments. En arrière des yeux postérieurs s'étend, de chaque côté du prostomium, la zone qui va se hérisser de cils. La formation de ceux-ci se fait en trois stades : 1° Apparition, au niveau du tégument, de multiples sphérules réfringentes juxtaposées; 2° Étirement de chacune de ces sphérules qui se développent à l'extérieur sous la forme d'une massue; 3° Effilement progressif de l'extrémité de la massue qui atteint la forme définitive du cil.

Mes observations, faites sur les animaux vivants examinés soit évoluant dans l'eau de mer pure, soit anesthésiés au chlorure de magnésium (7 % dans l'eau douce), ne m'ont pas permis de déterminer si le passage du stade 2 au stade 3 s'opère par résorption totale de la massue terminale dans le reste du cil, ou par élimination de la sphérule qui se détache de son support devenu filiforme. A plusieurs reprises, j'ai constaté une rupture de ce genre, mais je crains qu'elle n'ait été provoquée par la pression de la lamelle sur le corps de l'animal.

Chez *Sabellaria alveolata,* mes observations portent sur les nombreuses touffes de cils qui garnissent la zone apicale de la larve trochophore. Il ne s'agit donc pas d'organe nucal. La formation des cils est exactement identique à celle que je viens de décrire chez *Platynereis Dumerilii.* Je l'ai suivie sur des larves élevées au laboratoire et âgées de 3 à 12 jours.

Il serait évidemment très intéressant de suivre les transformations cytologiques qui accompagnent cette formation, mais je n'ai pas pu le faire jusqu'ici.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Assimilation de l'acide acétylacétique par* Bacillus megatherium. Note (*) de MM. **Maurice Lemoigne**, **Claude Péaud Lenoël** et Mme **Madeleine Croson**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons démontré, par la méthode des bactéries non proliférantes, que *Bacillus megatherium* déshydrogène l'acide β-hydroxybutyrique en acide acétylacétique ([1]). Nous avons alors recherché si celui-ci peut être utilisé par les bactéries en voie de développement. Tous les essais, faits avec l'acide acétylacétique seul, ont donné des résultats à peu près négatifs.

Dans les tissus animaux, cet acide n'est métabolisé qu'en présence de glucides ou de composés du cycle de Krebs et notamment de l'acide oxalacétique qui, d'après Breusch, se condenserait avec lui ([2]).

A défaut d'acide oxalacétique, nous avons essayé l'action du malate de sodium, en cultures agitées à l'air, à 31°. Les résultats ci-dessous donnent un exemple de ce que l'on obtient dans ces conditions.

	I.	II.	III.
Au départ.			
Acide acétylacétique pour 100^{cm^3}	532^{mg}	0	532^{mg}
Acide malique pour 100^{cm^3}	0	940^{mg}	940^{mg}
pH	6,6	6,6	6,6
Après 48 heures.			
Matière sèche microbienne formée pour 100^{cm^3}	6^{mg}	33^{mg}	72^{mg}
Acide acétylacétique disparu pour 100^{cm^3}	50^{mg}	0	521^{mg}
pH	7,1	8,6	9,1

Insignifiante en présence de l'acide acétylacétique seul, faible en présence du seul acide malique, la culture est nettement plus belle dans le mélange des deux acides.

De même, la disparition de l'acide acétylacétique, insignifiante quand il est seul, devient très grande en présence d'acide malique.

Mais la culture reste faible : cela tient à une alcalinisation trop grande du fait de la destruction des anions organiques.

Dans une autre série d'expériences, nous avons remédié à ce fait en ajustant, après 24 heures, le pH à une valeur voisine de 6,6, à l'aide d'acide sulfurique.

Les résultats ont été nettement meilleurs.

	I.	II.	III.
Au départ.			
Acide acétylacétique pour 100^{cm^3}	604^{mg}	0	604^{mg}
Acide malique pour 100^{cm^3}	0	235^{mg}	235^{mg}

(*) Séance du 17 août 1949.

([1]) M. Lemoigne et C. Péaud-Lenoel, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1529.

([2]) L. F. Breusch, *Science*, 97, 1943, p. 490.

Après 42 heures.

Matière sèche microbienne formée pour 100^{cm^3}.....	15^{g}	57^{mg}	498^{mg}
Acide acétylacétique disparu pour 100^{cm^3}..........	94^{mg}	0	581^{mg}

Dans cet essai, la dose initiale d'acide malique qui avait été diminuée à dessein, est inférieure à la quantité de matière sèche bactérienne formée. C'est la preuve directe que l'acide acétylacétique a été assimilé.

Nous avons également employé avec succès les acides aspartique et glutamique pour remplacer l'acide malique.

Conclusions. — *Bacillus megatherium* qui accumule des quantités importantes de lipides β-hydroxybutyriques, transforme l'acide β-hydroxybutyrique en acide acétylacétique qui, seul, ne peut pas servir de substrat carboné au microbe. Mais en présence de malate, il est au contraire parfaitement assimilé.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *De l'existence d'un polyoside chez* Bacillus megatherium. Note (*) de M. **Jean-Paul Aubert**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La question des fructosanes formés par *B. megatherium* à partir du saccharose et diffusant dans le milieu, a déjà été étudiée, mais l'existence d'un polyoside cellulaire n'a jamais été signalée, et seul A. Pirie ([1]) indique la libération simultanée d'un phage et de sucres réducteurs au cours de l'attaque de *B. megatherium* par le lysozyme. Aucun chiffre n'est donné, aucune identification n'est tentée.

Après hydrolyse acide des corps microbiens, j'ai pu mettre en évidence l'existence d'une substance saccharifiable; le traitement par l'eau bouillante des bactéries permet de faire passer en solution un produit qui, précipité par l'alcool et purifié, se présente sous l'aspect d'une poudre blanche amorphe, difficilement soluble dans l'eau froide, non dialysable, donnant une réaction de Molish fortement positive et formant des sucres réducteurs par hydrolyse acide. La composition de ce corps fera l'objet d'une prochaine Note, celle-ci étant réservée à l'étude des conditions de sa formation et de sa disparition. Disons simplement que j'ai caractérisé dans les produits d'hydrolyse : le glucose (osazone et chromatographie sur papier) et un acide uronique (réaction au naphtorésorcinol et chromatographie sur papier).

Les cultures se font en milieu synthétique, dans des flacons d'Erlenmeyer agités. Une première série d'expériences se rapporte à l'hydrolyse acide directe des cellules; elle a pour but de déterminer le taux de polyoside total. Dans tous les cas concernant une même culture, dans la phase exponentielle de croissance, ce taux atteint la même valeur d'environ 20 g, exprimés en glucose, pour 100 g de bacilles secs cultivés sur glucose.

(*) Séance du 17 août 1949.

([1]) *Brit. Jour. Exp. Path.*, **21**, 1940, p. 125.

La souche M. A., en présence de divers substrats carbonés, a donné les chiffres suivants exprimés en glucose :

Culture sur glucose à 1 % et 2 %	21,1 %	du poids sec microbien.	
» saccharose à 2 %	20,3	»	»
» maltose à 2 %	19,6	»	»
» xylose à 2 %	11,2	»	»
» 2.3-butanediol à 1 %	3,2	»	»

Ce pourcentage dans les cultures sur glucose en milieu liquide varie avec les souches mais demeure élevé : 4 souches différentes ont donné des chiffres compris entre 14,8 et 21 %.

Au cours de la croissance, le taux reste constant jusqu'à l'apparition des spores; à ce moment il décroît comme en témoigne l'expérience ci-dessous (chiffres exprimés en mg. par 100 cm³).

Temps.	Glucose consommé.	Poids sec.	Polyoside (en glucose %).	Polyoside % Poids sec.	Observations.
15 heures.....	465	256	51	20,0	Microbes normaux
21 »	990	484	102	21,1	»
39 »	1840	400	90	22,5	Quelques spores
213 »	1840	240	17	6,9	Spores libres

L'expérience suivante précise le phénomène. Des microbes cultivés sur milieu glucosé sont centrifugés, lavés, puis remis en suspension dans le milieu habituel sans glucose. Différents prélèvements donnent les résultats suivants :

Temps.	Poids sec.	Sucre réducteur dans le milieu.	Polyoside dans le milieu.	Polyoside dans les microbes.	% Poids sec.	Observations.
0 h...	100	0	0	21,8	21,8	Microbes normaux
3 ...	75,3	0	0	16,8	21,4	»
6 ...	66,6	0	0	12,1	18,2	Spores internes
23 ...	35,6	0	1,2	2,7	7,5	Spores libres

Cette expérience montre nettement la diminution du taux du polyoside lorsqu'il n'y a pas d'aliment carboné dans le milieu.

De ces résultats, il apparaît que *B. megatherium* contient un polyoside formé de glucose et d'un acide uronique, dont la proportion varie avec l'aliment carboné (il n'existe pas en présence d'un aliment non glucidique comme le 2.3-butanediol) et avec l'âge de la culture : au moment de la sporulation le taux du polyoside diminue notablement sans qu'il soit possible de retrouver dans le milieu le polyoside lui-même ou ses constituants.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La fermentation alcoolique des vins blancs de la Gironde.* Note (*) de MM. **Louis Genevois**, **Émile Peynaud** et **Jean Ribereau-Gayon**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons montré récemment que les vins rouges de la Gironde ([1]) et les vins blancs mutés à l'alcool de l'Aude ([2]) fermentaient suivant la règle numérique établie pour des fermentations pures ([3]).

Nous avons étudié quelques vins blancs de la Gironde ; ces vins se classent dans deux types bien distincts : 1° les vins dits *Secs*, du type *Graves* (exemple : Portets 1946), obéissent à l'équation de bilan des produits secondaires de fermentation

$$\sum = 5s + 2a + h + b = 0^{g},9 \qquad (1)$$

($s =$ acide succinique, $a =$ acide acétique, $h =$ éthanal, $b =$ butylèneglycol, en molécules par litre); 2° les vins dits *liquoreux*, du type *Sauternes* (exemple : Preignac 1943), ne vérifient pas la formule (1); ils contiennent un gros excès de glycérol; ce glycérol en excès est classiquement dû à l'action de la *pourriture noble* (*Botrytis cinerea*) sur le grain de raisin avant la fermentation. La formule (1) permet de déduire du glycérol total le glycérol de fermentation, et de calculer ainsi le glycérol dû à la moisissure.

Le tableau ci-après donne la composition détaillée de cinq échantillons de vins de la Gironde analysés en 1948; le vin de Graves Portets 1946 s'oppose à quatre vins liquoreux, le *Sainte-Croix* a droit à l'appellation *Sainte-Croix-du-Mont*, les vins de Barsac et Preignac ont droit à l'appellation *Sauternes;* le glycérol dû au Brotrytis y est en quantité égale ou supérieure au glycérol de fermentation; dans le Sainte-Croix le glycérol de moisissure est égal sensiblement aux deux tiers du glycérol de fermentation; dans le Loupiac il est égal au quart environ. L'équation (1) donne ici un précieux élément d'appréciation. Dans le tableau ci-après, les concentrations sont en millimolécules pour 10 litres, sauf spécification contraire. Cations et anions sont donnés en milliéquivalents pour 10 litres.

(*) Séance du 17 août 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 439.

([2]) *Ibid.*, 227, 1948, p. 227.

([3]) *Ibid.*, 223, 1946, p. 693; 224, 1947, p. 1388.

Origine	Portets.	Loupiac.	Ste-Croix.	Barsac.	Preignac.
Année	1946.	1945.	1943.	1943.	1943.
Alcool (degrés)	12,2	15,8	13,5	13,9	14,3
Glucose (g/10 L.)	2	124	206	292	275
Lévulose »	25	351	428	439	540
Pentoses »	5	6	8	9	9
Azote peptonique	90	106	120	135	110
» aminé	19	25	19	27	15
» amidé	2	1	2	3	1
K^+	240	286	265	306	324
Na^+	31	40	28	30	28
Ca^{++}	72	42	55	42	50
Mg^{++}	94	109	117	128	125
Cl	12	12	15	18	11
Acidité de titration	730	810	960	1120	1180
Alcalinité des cendres	276	253	166	230	320
NH_4	8	6	6	8	5
Somme des cations	1014	1070	1132	1368	1505
Acide tartrique	248	217	263	217	235
» malique	160	152	185	142	423
» citrique	27	58	41	90	89
» acétique (a)	115	162	197	279	231
» lactique	135	124	124	140	79
» succinique ($2s$)	182	202	152	216	220
» phosphorique	31	45	47	42	47
Esters acides	28	41	53	50	79
SO_2 libre	29	24	14	45	17
» lié à l'éthanal (h)	19	12	18	17	10
» lié à d'autres	0	22	23	50	16
Somme des anions	974	1059	1096	1288	1446
2.3-butylèneglycol	49	110	101	123	109
$5s + 2a + b + h$	753	951	893	1240	1130
$\frac{a}{s}$	1,3	1,6	2,6	2,5	2,1
Glycérol de fermentation	830	1050	980	1360	1240
» dû au botrytis	0	280	660	1260	1590

BIOCHIMIE COMPARÉE. — *Sur la présence de diiodotyrosine dans les Laminaires.* Note de M. **Jean Roche** et M[lle] **Marcelle Lafon**, transmise par M. Maurice Javillier.

Certaines Algues marines, entre autres des Laminaires, renferment de l'iode à des taux élevés, parfois voisins de 1 % de leur poids sec, et il est depuis longtemps admis que cet élément y est probablement présent surtout à l'état d'iodures, dont une partie est comprise dans les combinaisons protéiques de l'ion I^- (1). Les modalités de la fixation de l'halogène ne sont pas identiques, d'une part dans les Algues et, d'autre part, dans le corps thyroïde des Vertébrés (2) et les tissus de soutien des Gorgonaires (3) et des Spongiaires (4), car l'iode de ces derniers participe dans sa quasi-totalité à la constitution de protéines (thyroglobulines, gorgonines, spongines) renfermant divers dérivés iodés de la tyrosine (mono- et diiodotyrosine, thyroxine). Harington, Chaikoff et leurs collaborateurs ont démontré que la formation de ces acides aminés est un processus autonome, distinct de la concentration des ions I^- à partir du sang ou de l'eau de mer; aussi pouvait-on se demander si les Algues s'enrichissent en iode sans opérer la synthèse d'acides aminés iodés. Nous nous sommes proposé de rechercher si les protéines des Laminaires renferment ou non des dérivés iodés de la tyrosine.

Laminaria flexicaulis et *Laminaria saccharina*, récoltées dans la baie de Concarneau, ont été traitées, en vue du fractionnement et, éventuellement de la caractérisation et du dosage, par la méthode de J. Roche et R. Michel (5), de la monoiodotyrosine, de la diiodotyrosine et de la thyroxine. Des prises d'essai de 15g de *Laminaria flexicaulis* (région basale du thalle) ont été soumises à une hydrolyse barytique (action de 50^{cm^3} de solution de baryte à 8 %, 6 heures au bain de sable à l'ébullition). La solution obtenue a été centrifugée, décantée, acidifiée à pH 1, par ClH, puis extraite au butanol; cette dernière opération permet de séparer en totalité la diiodotyrosine et la thyroxine. L'extrait butanolique concentré à 15^{cm^3} sous vide a été lavé deux fois par NaOH5N (15 et 10^{cm^3}); la diiodotyrosine se dissout alors dans le milieu sodique, tandis que la thyroxine demeure en solution butanolique (Leland et

---

(1) On trouvera dans la monographie de K. Closs (*Ueber das Vorkommen des Jods im Meer und im Meeresorganismen*, 1 vol., Oslo, 1931, 150 p.) une importante documentation sur ce problème.

(2) C. R. Harington, *Biochem. J.*, **20**, 1926, p. 293; C. R. Harington et S. S. Randall, *Ibid.*, **23**, 1929, p. 373; K. Fink et R. M. Fink, *Science*, **108**, 1948, p. 358.

(3) J. Roche et M. Lafon, *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 1200.

(4) J. Roche et M. Lafon, *C. R. Soc. Biol.*, **143**, 1949, p. 521.

Foster, Blau). La réaction colorée des *o*-diiodophénols aux ions NO_2^- (Kendall et Osterberg) est nettement positive dans la phase aqueuse; elle est douteuse dans le résidu d'évaporation de la fraction butanolique. Il en découle que l'hydrolysat renferme de la diiodotyrosine, mais pratiquement pas de thyroxine. Le dosage de la première ([5]) a été opéré sur des prises d'essai en renfermant 100 à 150γ. L'iode total (Leipert), l'azote total (Kjeldahl) et la tyrosine (Bernhardt) ont été dosés sur des fragments d'Algue. Un essai qualitatif (étude de la coloration obtenue par addition de réactif de Millon à un hydrolysat alcalin) a montré par ailleurs que la monoiodotyrosine n'accompagne pas en quantité appréciable la tyrosine dans les protéines étudiées. On trouvera ci-dessous un exemple des résultats obtenus.

% du poids sec.			% des protéines.	
I total.	N total.	Protéines.	Tyrosine.	Diiodotyrosine.
0,96	1,32	8,25	5,05	1,55

La teneur en diiodotyrosine indiquée ne doit pas être considérée comme une constante de composition; elle est, au même titre que celle des thyroglobulines, fonction du degré d'ioduration des protéines de l'Algue. Elle correspond à 7,7 % d'iode total dans l'échantillon étudié. Des essais qualitatifs poursuivis sur *Laminaria saccharina*, plus pauvre en iode (I % = 0,22), ont montré que cette dernière renferme également de la diiodotyrosine.

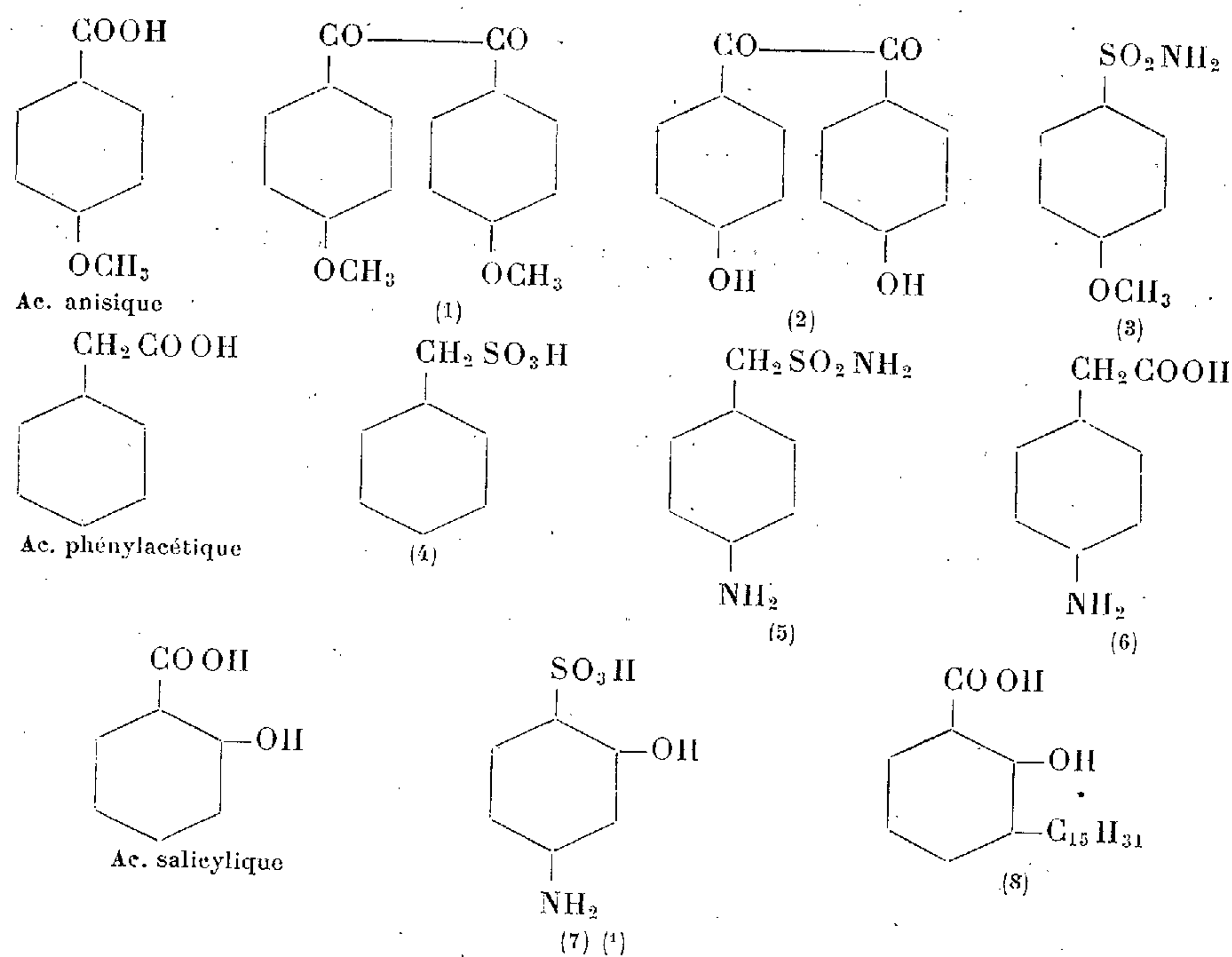
Conclusions. — La présence de petites quantités de diiodotyrosine a été mise en évidence dans des Laminaires. Les iodoprotéines des Algues sont, comme les gorgonines et les spongines, pratiquement dépourvues de thyroxine, alors que le rapport iode de la thyroxine %/iode de la diiodotyrosine % est voisin de 0,3 dans les thyroglobulines. La concentration des iodures est suivie de la formation de diiodotyrosine dans les Algues comme dans certains tissus animaux, mais ce processus ne porte, dans le premier cas, que sur une faible fraction de l'halogène. Contrairement à ce qui a lieu dans le corps thyroïde des Vertébrés, dans le squelette corné des Gorgonaires et des Spongiaires, l'iode demeure en grande partie à l'état minéral dans les Algues, où sa fonction physiologique n'a pas encore pu être définie.

([5]) *Biochim. Biophys. Acta*, 1, 1947, p. 335.

CHIMIE THÉRAPEUTIQUE. — *Recherches relatives à diverses substances susceptibles de présenter des propriétés antibiotiques vis-à-vis du bacille tuberculeux.* Note de MM. **Albert Lespagnol**, **André Sevin** et **H. Beerens**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les travaux déjà anciens (Anderson, Goris et Stendal) ont révélé la présence dans le bacille tuberculeux des acides salicylique, phénylacétique et anisique. Du fait que l'amination de l'acide salicylique fait apparaître une activité antibiotique vis-à-vis du bacille tuberculeux, nous avons pensé que des modifications de structure effectuées sur les acides précités et inspirées des procédés généraux de création de substances antagonistes (doublement de la molécule, remplacement de COOH par SO_3H, etc.) pourraient peut-être provoquer l'apparition de propriétés analogues.

Nous avons, dans ce but, préparé et étudié les substances signalées ci-dessous, dont les relations avec les acides anisique, phénylacétique et salicylique sont évidentes.



Aucun des produits de (1) à (7) essayés *in vitro* vis-à-vis de la souche H37Rv,

(1) Nous étudions actuellement l'antagonisme entre cette substance et l'acide *p*-amino-salicylique.

en milieu de R. Dubos, contenant du *Tween* 80 et de la fraction ν de l'albumine sérique de bœuf ne s'est révélé actif ([2]).

En ce qui concerne le dérivé 8 (acide anacardique), nous avons pensé que son étude offrait quelque intérêt du fait que ce produit se présente comme un dérivé de l'acide salicylique possédant une longue chaîne latérale susceptible de lui conférer une liposolubilité accrue, favorable à une éventuelle pénétration dans le corps microbien. Nous avons constaté que l'acide anacardique était effectivement antibiotique vis-à-vis du bacille tuberculeux. Malheureusement, nous n'avons eu à notre disposition qu'une minime quantité de noix d'Anacarde, insuffisante pour obtenir le produit pur, ce qui nous empêche de préciser les concentrations actives. Nous espérons pouvoir nous procurer des noix d'Anacardium en quantité plus abondante et poursuivre nos recherches à ce sujet.

La préparation de produits synthétiques analogues est également en cours de réalisation.

La séance est levée à $15^h 25^m$.

R. C.

([2]) Certaines difficultés se sont présentées du fait de l'insolubilité dans l'eau de quelques-uns des produits utilisés.

Nous avons fait appel à des solvants organiques en effectuant évidemment des essais témoins avec le solvant seul.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 AOUT 1949.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **I. I. Rabi**, Professeur à Columbia University, qui assiste à la séance.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papavéracées. Développement de l'embryon chez l'*Eschscholzia californica *Cham.* Note de M. **René Souèges**.

L'histoire du développement de l'embryon de l'*Eschscholzia californica* offre des irrégularités comparables à celles qui ont été rencontrées chez le *Chelidonium majus* L. (1). On se fera une idée assez exacte de leur étendue en divisant cette histoire, comme celle de la Chélidoine, en trois étapes, la première ne dépassant pas l'édification des proembryons de 3e ou de 4e génération, la deuxième intéressant les formes à symétrie axiale qui précèdent la naissance des cotylédons, la troisième correspondant à la différenciation de l'embryon proprement dit.

La première étape est très courte chez l'*Eschscholzia*. Aux dépens du proembryon bicellulaire (*fig.* 1), il se constitue, dans tous les cas, une tétrade *première* de la catégorie C_2 (*fig.* 3) comportant quatre éléments superposés : deux, *cc* et *cd*, tirant origine de la cellule apicale, deux étant engendrés par la cellule basale. Ces derniers se segmentent plus ou moins tard, sans règle définie, comme le montrent les figures 11 à 13, puis 23, 27, 29, 30 et suivantes, pour produire seulement la partie inférieure du suspenseur. L'élément *cc* se divise parfois longitudinalement (*fig.* 4), le plus souvent transversalement (*fig.* 8), tandis que l'élément *cd*, d'une manière qui s'est montrée générale, se partage en deux cellules superposées, *m* et *ci* (*fig.* 5, 7). Au cours de ces divisions, il apparaît des groupements tricellulaires qui peuvent offrir trois dispositions différentes selon que la segmentation de *cc* précède ou suit celle de *cd*; l'une de ces dispositions se voit en 4, l'autre en 8, la troisième en 5 et 7. Les divisions de *cc* et de *cd* conduisent finalement à la

(1) R. Souèges, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 678; *Ann. Sc. nat. Bot.*, 10e série, 19, 1937, p. 445-466.

formation de deux tétrades *secondes*, l'une de la catégorie A_2, l'autre de la catégorie C_2; celle-ci, comportant quatre éléments superposés, *ce*, *cf*, *m* et *ci*, a seule pu être rencontrée (*fig.* 9, 10).

Avec la tétrade seconde commence la deuxième étape, caractérisée par une variabilité et une complexité prononcée dès formes proembryonnaires. Il a été possible de rapporter le plus grand nombre de ces formes à la tétrade seconde de la catégorie C_2, mais les interprétations proposées sont assez incertaines et les lettres qui accompagnent les figures dans beaucoup de cas ont une signification purement conjecturale. Les premières complications

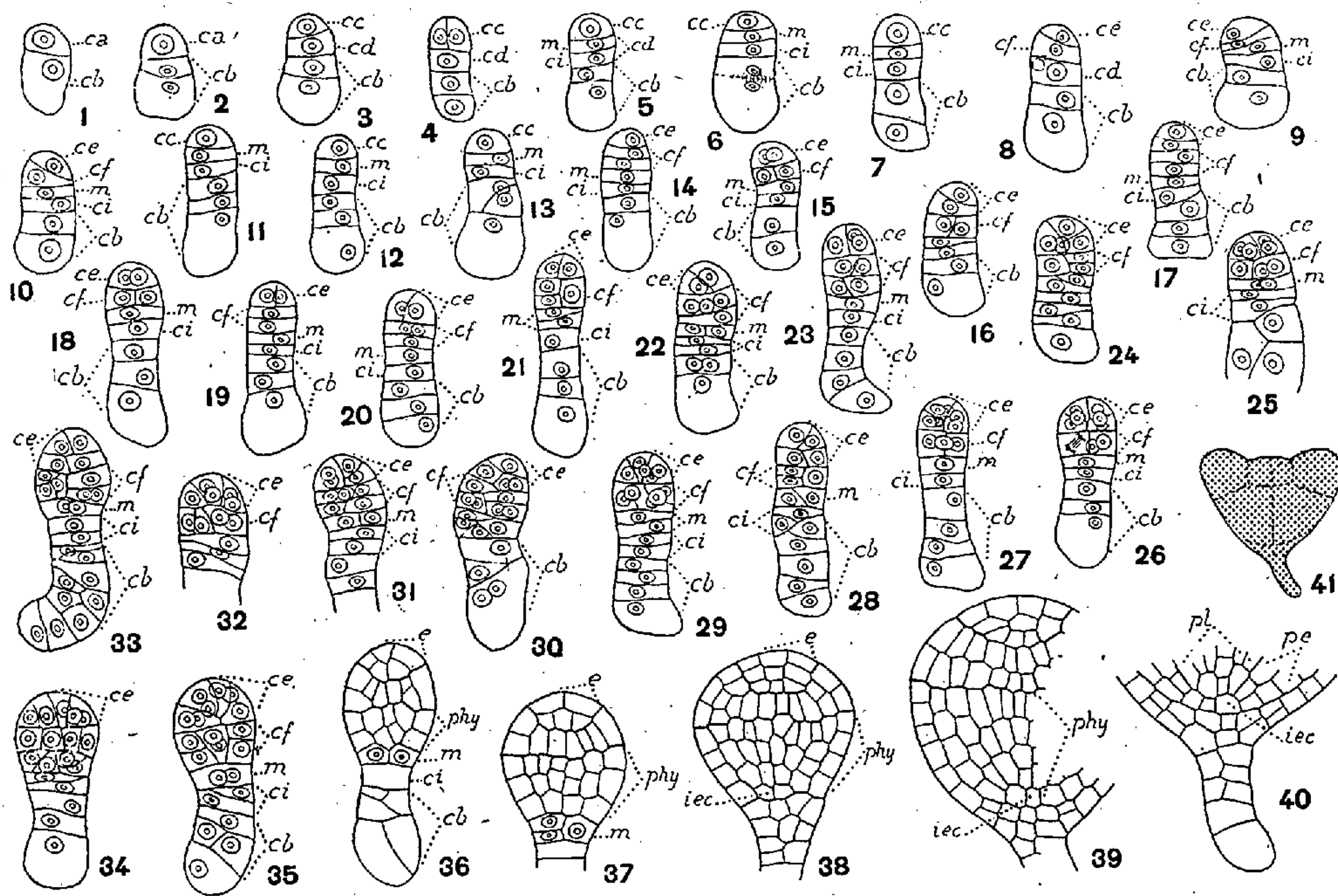


Fig. 1 à 41. — *Eschscholzia californica* Cham. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cb*, cellule basale ou partie inférieure du suspenseur; *cc* et *cd*, cellules-filles de *ca*; *m* et *ci*, cellules-filles de *cd*; *ce* et *cf* (*l* et *l'* chez la Chélidoine), cellules-filles de *cc*; *e*, épiphyse; *phy*, partie hypocotylée; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *pl*, plérome; *pe*, périblème. En 41, aspect général de l'embryon d'où est tiré le détail de la figure 40. — G. = 280.

se trouvent liées au mode de cloisonnement des quatre éléments de la tétrade, qui peut être longitudinal, transversal ou oblique. Par exemple, *ce* se cloisonne longitudinalement en 15, 18, 19, 20, 23; transversalement en 16, 28, 30, 33; obliquement en 22, 24, 27; *cf* prend une paroi verticale en 15, 16, 18, 21, 26; transversale en 14, 17, 19, 20, 23; *m* se divise verticalement en 22, 28, 31, 35; transversalement en 21, 29 et peut-être 32; obliquement en 27, 30; *ci* subit les mêmes variations. Les divisions suivantes augmentent la confusion et les incertitudes; il est difficile de montrer comment les formes dérivent les unes des autres; on ne peut dire exactement comment se succèdent leurs blastomères constitutifs.

Au début de la troisième étape, la partie supérieure du proembryon, appelée à donner naissance à l'embryon proprement dit, offre un contour elliptique, qui devient bientôt parfaitement sphérique (*fig.* 36 à 39), le sommet ne présentant aucune saillie apiculée. Il

se différencie toutefois une épiphyse, mais il est difficile de déterminer exactement son origine; il ne semble pas que le blastomère *ce* préside exclusivement à sa formation comme cela se produit dans la plupart des formes chez la Chélidoine; *ce* donnerait également naissance à la partie cotylée proprement dite et *cf* engendrerait la partie hypocotylée avec les initiales de l'écorce de la racine (*fig.* 38, 39). La portion centrale de la coiffe naîtrait de l'élément *m* ou de sa cellule-fille supérieure. L'élément *ci* entre dans la constitution de la partie supérieure du suspenseur. Pour ce qui concerne toute cette région inférieure de l'embryon, les processus des divisions seraient tout à fait comparables à ceux qui ont été décrits au sujet de la Chélidoine.

En résumé, il est bien établi qu'il se constitue, dans tous les cas, chez l'*Eschscholzia californica*, une tétrade *premièrè* en C_2; que les deux éléments supérieurs de cette tétrade produisent, en règle générale, une tétrade *seconde* également en C_2; que les deux éléments inférieurs donnent uniquement la partie inférieure du suspenseur et que, les lois du développement s'appliquant ainsi à la seule cellule apicale, la plante se range dans la deuxième période du système embryogénique. Il faut admettre, d'autre part, que les destinées des éléments de la tétrade *seconde* ne peuvent être déterminées avec certitude étant données les grandes variations et la complexité qu'offrent les formes embryonnaires avant la naissance des cotylédons. Il est incontestable que l'*Eschscholzia californica* présente d'étroits rapports avec le *Chelidonium majus*. Hegelmaier [2] les avait déjà signalés, en 1878, mais en se fondant sur des observations qu'il était indispensable d'étendre et d'approfondir.

M. **Théodore de Kármán** fait hommage de son Ouvrage écrit en collaboration avec M. **Maurice A. Biot**, intitulé : *Les méthodes mathématiques de l'ingénieur*.

M. **Linus Pauling** fait hommage de son Ouvrage : *General Chemistry an Introduction to Descriptive chemistry and modern chemical Theory*.

M[lle] **Simone De Wildeman** fait hommage d'un fascicule des *Mémoires* de l'Académie royale de Belgique, Tome XXIII, fasc. 7 : *Les liquides laticiformes des Guttiféracées* (Supplément), par Émile De Wildeman.

CORRESPONDANCE.

M. **Edwin Hubble**, élu Correspondant pour la Section d'Astronomie, adresse ses remercîments.

---

(2) *Vergleich. Unters. über Entwicklun dikotyl. Keime*, Stuttgart, 1878, p. 81. (*Eschscholzia crocea* Benth. = *E. californica* Cham.) Le nom générique de la plante a été écrit de cinq manières différentes; j'ai pris l'orthographe adoptée par l'Index de Kew.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Alfredo José Bargas. *Teoria de la hez embrionaria. Etiologia del cáncer. Tratado fisico-bio-quimico.*

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Calcul d'un quotient ou d'une racine carrée dans le système de numération binaire.* Note ([1]) de M. **Louis Couffignal**, présentée par M. Joseph Pérès.

Il est connu que la pratique de la multiplication est fort simplifiée par la représentation des nombres dans le système binaire et c'est fort important pour la réalisation des machines à calculer. Nous nous proposons de montrer qu'il en est de même de la division et de l'extraction d'une racine carrée.

1. Désignons par A, B le dividende et le diviseur, par Q_p le nombre représenté par la suite des chiffres du quotient jusqu'à l'ordre p :

$$(1)\qquad BQ_p 2^p \leqq A < B(Q_p+1)2^p.$$

Posons

$$R_{p+} = A - BQ_p 2^p, \qquad R_{p-} = A - B(Q_p+1)2^p$$

et désignons par q_{p-1} le chiffre suivant du quotient :

$$(2)\qquad B(2Q_p + q_{p-1})2^{p-1} \leqq A < B(2Q_p + q_{p-1} + 1)2^{p-1}),$$

d'où les inégalités :

$$(3)\qquad (q_{p-1} - 1)B2^{p-1} \leqq R_{p+} - B2^{p-1} < q_{p-1}B2^{p-1},$$

$$(4)\qquad (q_{p-1} - 1)B2^{p-1} \leqq R_{p-} + B2^{p-1} < q_{p-1}B2^{p-1}.$$

Si l'expression médiane est positive, q_{p-1} est égal à 1 d'après la seconde inégalité; si elle est négative, q_{p-1} est égal à 0 d'après la première inégalité, et réciproquement. On vérifie que cette expression est égale à $R_{p-1,+}$ ou à $R_{p-1,-}$ selon son signe. On énonce donc :

Règle pratique de division. — *On retranche du dividende le diviseur inscrit dans la position la plus élevée. Selon que le reste partiel est positif ou négatif*

a. On inscrit le chiffre 1 *ou le chiffre* 0 *au quotient;*

b. On retranche du reste partiel ou l'on ajoute le diviseur déplacé d'un rang vers les positions basses, et ainsi de suite.

2. Désignons par A le radicande, par Qp le nombre représenté par la suite des chiffres de la racine carrée jusqu'à l'ordre p

$$(5)\qquad Q_p^2 2^{2p} \leqq A < (Q_p+1)^2 2^{2p}.$$

([1]) Séance du 8 août 1949.

Posons

$$R_{p+} = A - Q_p^2 2^{2p}, \qquad R_{p-} = A - (Q_p + 1)^2 2^{2p},$$

et désignons par q_{p-1} le chiffre suivant de la racine carrée, on a

$$(6) \qquad (2Q_p + q_{p-1})^2 2^{2p-2} \leqq A < (2Q_p + q_{p-1} + 1)^2 2^{2p-2};$$

d'où les inégalités

$$(7) \qquad (q_{p-1} - 1)[Q_p 2^{2p} + (q_{p-1} + 1) 2^{2p-2}] \leqq R_{p+} - (Q_p 2^{2p} + 2^{2p-2}) < q_{p-1}[Q_p 2^{2p} + (q_{p-1} + 2) 2^{2p-2}],$$

$$(8) \qquad (q_{p-1} - 1)[Q_p 2^{2p} + (q_{p-1} + 1) 2^{2p-2}] \leqq R_{p-} + (Q_p 2^{2p} + 3.2^{2p-2}) < q_{p-1}[Q_p 2^{2p} + (q_{p-1} + 2) 2^{2p-2}].$$

Si l'expression médiane est positive, q_{p-1} est égal à 1, d'après la seconde inégalité; si elle est négative, q_{p-1} est égal à zéro, d'après la première inégalité, et réciproquement. On vérifie que cette expression est égale à $R_{p-1,+}$ ou à $R_{p-1,-}$ selon qu'elle est positive ou négative. On énonce donc

RÈGLE PRATIQUE D'EXTRACTION DE RACINE CARRÉE. — *Après avoir divisé le radicande en tranches de deux chiffres à partir de la droite, on retranche* 1 *de la première tranche. Selon que le reste partiel est positif ou négatif :*

(*a*) *on inscrit le chiffre* 1 *ou le chiffre* 0 *à la racine,*

(*b*) *on retranche de ce reste partiel ou l'on ajoute la partie trouvée de la racine, suivie des chiffres* 01 *si on le retranche et des chiffres* 11 *si on l'ajoute,*

et ainsi de suite.

3. Dans les machines à calculer binaires actuellement en construction, il est prévu de calculer un quotient ou une racine carrée par les formules de récurrence [par exemple, pour la racine carrée : $x_{i+1} = 1/2(x_i + A/x_i)$]. Les règles précédentes réduisent la durée de ces opérations de plus de 90 %.

4. L'extension des raisonnements précédents à des extractions de racines d'ordres plus élevés est possible. Elle ne présente pas d'intérêt particulier en calcul mécanique.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Formes différentielles et métrique hermitienne sans torsion.* — II. *Formes de classe k; formes analytiques.* Note de MM. **Beno Eckmann** et **Heinrich Guggenheimer**, transmise par M. Élie Cartan.

Cette Note fait suite à une Note précédente (1) dont elle utilise les notations et les résultats.

1. A une métrique hermitienne $ds^2 = \sum_{j,k=1}^{m} h_{jk}(dz_j \, d\bar{z}_k)$ donnée dans l'espace R^{2m} muni d'une structure complexe (*cf.* I), on associe la forme dif-

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 464. Cette Note est désignée dans le texte par I.

férentielle extérieure

$$\omega^2 = i \sum_{j,k=1}^{m} g_{j\,m+k}\, dz_j\, dz_{m+k} \qquad (\text{où } g_{j\,m+k} = h_{jk} \quad \text{et} \quad dz_{m+k} = \overline{dz}_k).$$

La condition qui exprime que la métrique est *sans torsion* est équivalente à $d\omega^2 = 0$; nous la supposons vérifiée. Φ^p désignant l'espace linéaire de toutes les formes différentielles φ^p de degré p, une transformation linéaire L de Φ^p dans Φ^{p+2} est définie par $L\varphi^p = \varphi^p . \omega^2$ (produit extérieur), et la transformation *adjointe* Λ par $\Lambda\varphi^p = (-1)^p \star L \star \varphi^p$. Entre ces opérateurs et les opérateurs d, δ, Δ et C envisagés dans I, on a les relations suivantes, qui se démontrent par le calcul direct en se basant en partie sur la forme particulière du tenseur de courbure d'une métrique hermitienne sans torsion.

(II.1)	$dL = Ld$,	$\delta\Lambda = \Lambda\delta$,
(II.2)	$CL = LC$,	$C\Lambda = \Lambda C$.
(II.3)	$\delta L - L\delta = \tilde{d}$,	$d\Lambda - \Lambda d = -\tilde{\delta}$.
(II.4)	$\Delta L = L\Delta$,	$\Delta\Lambda = \Lambda\Delta$.

2. Dans tout ce qui suit, bornons-nous à des formes de degré $p \leqq m$; l'opérateur $\star$ permet d'obtenir les résultats analogues pour $p > m$. Une p-forme est dite *effective* ou *de classe zéro*, si $\Lambda\varphi^p = 0$; les p-formes effectives constituent un sous-espace linéaire Φ_0^p de Φ^p. Une forme $\varphi^p = L^k\psi^r$ (L^k est la puissance $k^{\text{ième}}$ de L, et $r = p-2k$), où ψ^r est effective, est dite *de classe* k, cela pour $k = 0, 1, \ldots, [p/2]$; les p-formes de classe k constituent un sous-espace linéaire $\Phi_k^p = L^k\Phi^{p-2k}$ de Φ^p. Pour les formes φ^p de Φ_k^p l'opérateur $\star$ peut s'exprimer par L et C :

$$\text{(II.5)} \qquad \star\varphi^p = a L^{m-p} C\varphi^p \qquad \text{avec} \quad a = \frac{k!\, 2^{p-m}}{(m-p+k)!}(-1)^{\frac{m(m-1)}{2} + \frac{p(p+1)}{2} + k}.$$

De cette formule on déduit une expression simple pour l'opérateur Λ appliqué à une forme de classe k : Si $\varphi^p = L^k\psi^r$ avec $\Lambda\psi^p = 0$, alors $\Lambda\varphi^p$ est à un facteur numérique près égal à $L^{k-1}\psi^r$, à savoir

$$\text{(II.6)} \qquad \Lambda L^k\psi^r = -k(m-r-k+1)L^{k-1}\psi^r \qquad \text{pour} \quad r + 2k \leqq m.$$

3. Les formules ci-dessus permettent d'établir les deux théorèmes suivants concernant les opérateurs L et Λ :

THÉORÈME A_p. — ΛL *est un isomorphisme de* Φ^p *sur lui-même* ($p \leqq m-2$).

THÉORÈME B_p. — Φ^p *est la somme directe de* Φ_0^p *et de* $L\Phi^{p-2}$ ($p \leqq m$).

La démonstration très simple et courte se fait simultanément pour les deux théorèmes par induction : *a.* B_0 et B_1 sont triviaux. *b.* En utilisant II.6, on montre que B_p entraîne A_p. *c.* A_p entraîne B_{p+2}; en effet, il existe pour toute forme φ^{p+2} une forme φ^p et une seule telle que $\Lambda\varphi^{p+2} = \Lambda L\varphi^p$, c'est-à-dire telle que $\varphi^{p+2} - L\varphi^p$ soit effective.

Du théorème A_p il suit que L est un *isomorphisme de* Φ^p *dans* Φ^{p+2} $(p \leq m-2)$; en d'autres termes :

(II.7). *Pour toute p-forme* $\varphi^p \neq 0$, $p \leq m-2$, *le produit* $\varphi^p . \omega^2$ *est* $\neq 0$.

B_p $(p \leq m)$ peut aussi être énoncé comme ceci : Φ^p est la somme directe des $\Phi_k^p = L^k \Phi_0^{p-2k}$, $k = 0, 1, \ldots, [p/2]$, et d'après II.7 les L^k sont des isomorphismes. On est ainsi amené au *théorème de décomposition* [*cf.* Hodge ([2])] :

(II.8). *Toute p-forme* φ^p *se décompose en une somme*

$$\varphi^p = \psi^p + L\psi^{p-2} + \ldots + L^q \psi^{p-2q} \qquad \left(q = \left[\frac{p}{2}\right]\right),$$

et cela d'une seule façon, c'est-à-dire que les formes effectives $\psi^p, \psi^{p-2}, \ldots, \psi^{p-2q}$ *sont bien déterminées.*

4. Les opérateurs $\star$, C, L et Λ, appliqués à des formes *harmoniques*, donnent toujours des formes harmoniques, ce qui découle des formules relatives à Δ; notons en particulier que toutes les puissances $k^{\text{ièmes}}$, $k = 0, 1, \ldots, m$, de ω^2 sont harmoniques. Tous les résultats restent donc valables si l'on se borne partout à des formes harmoniques. Si φ^p est de classe k, $\Delta\varphi^p$ l'est aussi; ainsi pour une forme harmonique, les termes de classe $k = 0, 1, \ldots, q$, de la décomposition II.8 sont tous harmoniques.

5. Pour toute forme pure φ^p de type m (*cf.* I, § 2) on a $L\varphi^p = 0$, et par conséquent pour toute forme φ^p de type 0, $\Lambda\varphi^p = (-1)^p \star L \star \varphi^p = 0$: *Toute forme de type* 0 *est effective.* Soit $\alpha^p = \Sigma A_{i_1 \ldots i_p} dz_{i_1 \ldots i_p}$ de type 0 (dans tous les termes $\neq 0$ les indices $i_1, \ldots, i_p$ sont donc $\leq m$), et soit $d\alpha^p$ également de type 0; pour cela il faut et il suffit que les $\partial A_{i_1 \ldots i_p}/\partial \bar{z}_j$ soient $= 0$: les coefficients sont des fonctions analytiques de $z_1, \ldots, z_m$. Appelons dans ce cas α^p une *forme différentielle analytique.* En vertu de II.3 elle vérifie $\bar{\delta}\alpha^p = 0$, donc $\delta\alpha^p = 0$. α^p est dite *intégrable*, si $d\alpha^p = 0$, c'est-à-dire si

$$\sum_{k=1}^{p} (-1)^{k-1} \frac{\partial A_{i_1 \ldots i_{k-1} i_{k+1} \ldots i_p}}{\partial z_{i_k}} = 0.$$

(II.9). *Pour toute forme différentielle analytique* α^p *on a* $\delta\alpha^p = 0$. *Si* α^p *est intégrable, elle est harmonique.*

On montre de façon analogue que toute forme β^p pure et de classe k vérifiant $d\beta^p = 0$ est harmonique.

([2]) *The theory and application of harmonic integrals* (Cambridge, 1941), Chap. IV.

AÉRODYNAMIQUE. — *Détermination approchée de l'onde de choc détachée.* Note (*) de M. **Henri Cabannes**, présentée par M. Joseph Pérès.

Lorsqu'un fluide parfait compressible est animé d'un mouvement de révolution permanent tourbillonnaire à enthalpie constante, il existe une fonction de courant $\psi(x, r)$ qui vérifie une équation aux dérivées partielles établie par Crocco ([1]). Les composantes cartésiennes de la vitesse $U q_m$, $V q_m$ suivant l'axe de révolution ox et sa normale or sont déterminées par les relations :

$$r\mathrm{U}(1-w^2)^{\frac{1}{k-1}} = \psi'_r,$$
$$r\mathrm{V}(1-w^2)^{\frac{1}{k-1}} = -\psi'_x,$$

où $w^2 = \mathrm{U}^2 + \mathrm{V}^2$; k désigne le rapport des chaleurs spécifiques et q_m la vitesse limite.

I. Supposant la fonction $\psi(x, r)$ régulière au voisinage de l'axe de révolution, nous posons :

$$\psi(x, r) = r^2 a(x) + r^4 b(x) + \ldots. \tag{1}$$

Nous écrivons alors : 1° que l'écoulement ainsi défini est engendré par choc dans un courant uniforme de vitesse supersonique $q_0 = \xi q_m \sqrt{(k-1)/(k+1)}$, suivant une certaine courbe onde de choc d'équation $x = (r^2)/(2\mathrm{R}) + \ldots$; 2° que la fonction (1) vérifie l'équation de Crocco. On obtient ainsi :

$$a(0) = \left\{1 - \frac{k-1}{k+1}\frac{1}{\xi^2}\right\}^{\frac{1}{k-1}} \sqrt{\frac{k-1}{k+1}}\frac{1}{\xi}\frac{1}{2},$$

$$a'(0) = -\frac{2a(0)}{\mathrm{R}}(\xi^2 - 1),$$

$$a''(0) = \frac{2a(0)}{\mathrm{R}^2}\left\{(\xi^2-1)^2 - 2\frac{(k+3)(\xi^2-1) + 2(\xi^2+1)}{k+1}\right\},$$

$$a''\left(1 - \frac{\mathrm{U}^2}{\mathrm{C}^2}\right) + \frac{3}{2}\frac{a'^2}{a}\frac{\mathrm{U}^2}{\mathrm{C}^2} + 8b(x) = \frac{1}{\mathrm{R}^2}\left(1 - \frac{\mathrm{U}^2}{\mathrm{C}^2}\right)(1-\mathrm{U}^2)^{\frac{k+1}{k-1}} \frac{(\xi^2-1)^2}{\frac{k+1}{k-1}\xi^2 - 1}\frac{1}{2a(0)}.$$

C représente le quotient de la vitesse du son par la vitesse limite.

II. Nous admettons que le développement en série de la fonction $a(x)$ converge et nous remplaçons ce développement par ses trois premiers termes. Les formules précédentes déterminent alors la position du sommet de la ligne de courant décomposée : $x = h$, ainsi que son rayon de courbure en ce point $\mathcal{R}$.

(*) Séance du 8 août 1949.

([1]) *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik*, **17**, 1937, p. 1-17.

Cette ligne de courant constitue l'obstacle; elle est connue. On en déduit, en fonction du nombre de Mach M_0 de l'écoulement initial,

$$h = \mathcal{R} f_1(M_0),$$
$$R = \mathcal{R} f_2(M_0).$$

Les fonctions f_1 et f_2 sont parfaitement déterminées; pour $k = (7/5)$, leurs valeurs numériques sont

$M_0 = 2$	$f_1 = 0,336$	$f_2 = 1,73$
3	0,180	1,36
4	0,149	1,23
.	.....	....
∞	0,108	1,13

Elles déterminent la position et la courbure au sommet de l'onde de choc, en fonction de la courbure au sommet et de la vitesse de l'obstacle

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la résistance des enroulements électriques en haute fréquence.* Note de M. **Antoine Colombani**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Lorsque des fils rapprochés sont parcourus par un courant de haute fréquence, le champ magnétique produit à l'intérieur de l'un d'eux par les courants voisins, n'est pas négligeable par rapport à celui que le fil lui-même produit dans son intérieur. La distribution du courant dans le fil est donc très différente et la résistance apparente plus grande que ne le ferait prévoir l'application des formules de l'effet Kelvin relatives à des conducteurs très éloignés. C'est le cas de tous les bobinages, en particulier de ceux dont le fil est divisé en *brins* afin d'utiliser au mieux le métal. Le rayon des brins satisfait à la condition $r \ll \varepsilon \left(\text{avec } \varepsilon = (2\pi\omega\gamma)^{-\frac{1}{2}}\right)$ et leur enroulement est hélicoïdal. Tous les brins sont donc placés dans les mêmes conditions vis-à-vis du champ magnétique extérieur $\vec{H}$ et l'on peut admettre sûrement que le champ dans chacun d'eux est principalement dû au voisinage de tous les autres.

Supposons $\vec{H}$ perpendiculaire à l'axe Oz d'un brin sur une longueur supposée rectiligne. Le champ électrique $\vec{h}$ est dirigé suivant Oz. La relation $\overrightarrow{\text{rot}\,h} = -\partial\vec{H}/\partial t$ donne $\partial h/\partial z = \omega H$. En appelant γ et i la conductibilité et l'intensité, on en déduit la densité de courant $i_d = (i/\pi r^2) + \omega\gamma H z$. ($\vec{H}$ uniforme.) D'où l'effet Joule par unité de longueur

$$(1) \qquad Q_F = \frac{i^2}{\pi r^2 \gamma} + \frac{\pi^2 \omega^2 \gamma r^4 H^2}{4}.$$

Le premier terme est l'effet normal. On en déduit le rapport de la résistance en haute fréquence à la résistance ohmique

$$\frac{R_F}{R_0} = 1 + \frac{\pi^2}{4} r^6 \omega^2 \gamma^2 \frac{\overline{H^2}}{\overline{i^2}}, \tag{2}$$

où $\overline{H^2}$ est la valeur moyenne du carré du champ dans le volume occupé par le métal, i étant supposé constant.

Soient S la section droite de la gorge, n le nombre de spires de N brins, D le diamètre d'enroulement. On peut poser $S = \alpha D^2$ et pour la self $L = \beta n^2 D$. L'énergie magnétique localisée dans la gorge de volume $V = \pi\alpha D^3$ sera $(\alpha/8) H^2 D^3$. En appelant $\eta (\eta < 1)$ son rapport à l'énergie magnétique totale $(1/2) L N^2 i^2$ on en déduit

$$\frac{\overline{H^2}}{\overline{i^2}} = 4 \frac{\eta}{\alpha} L \frac{N^2}{D^3}.$$

Les coefficients α, β, η ne dépendent que de la forme de la bobine et non de ses dimensions. Donc

$$R_F = R_0 \left[1 + \frac{\eta\beta}{\alpha} \left(\frac{\pi}{D} r^3 \omega \gamma n N\right)^2\right], \tag{3}$$

$$R_F = \frac{L}{\beta r^2} \left[\frac{1}{\gamma n N} + \frac{\eta\beta}{\alpha} \left(\frac{\pi}{D} r^3 \omega\right)^2 \gamma n N\right]. \tag{4}$$

En particulier, soient e la profondeur d'enroulement, l sa longueur axiale. On a $d = el/D^2$, $\beta = \pi^2 D/l$. Posons $\eta = e/D$. Si la gorge est complètement remplie de métal (p couches jointives), on a $e = 2pr$ et $Nn = el/\pi r^2$. D'où $R_F = R_0 (1 + p^2 r^4/\varepsilon^4)$. Nous retrouvons ainsi aisément la formule de Sommerfeld.

Discussion. — I. Le passage du courant dans un brin et ses voisins produit des fluctuations de $\vec{H}$. Un raisonnement simple donne comme maximum de l'erreur relative sur le second terme de R_F la valeur $1/Nr\sqrt{\alpha D^3/4\eta L}$. La condition d'uniformité de $\vec{H}$ entraîne donc

$$\frac{1}{Nr} \sqrt{\frac{\alpha D^3}{4\eta L}} \leqslant 1. \tag{5}$$

II. La forme hélicoïdale des enroulements introduit une composante longitudinale du champ. Le dégagement de chaleur supplémentaire correspondant $W_l = (\pi\gamma\omega^2 r^4 H^2/8) \sin^2\theta$ est négligeable si θ angle du champ et de la normale au brin est faible.

Ensuite les N brins du fil de rayon a produisent dans celui-ci un champ $H_\varphi = (2Ni/a)\sin\varphi$ (φ angle des brins avec l'axe du fil). D'où un dégagement de chaleur $W_\varphi = (2/a^2)(\alpha D^3/4\eta L)\sin^2\varphi < (1/N^2 r^2)(\alpha D^3/4\eta L)\, 2N \sin^2\varphi$ négligeable si (5) est bien vérifiée.

III. Enfin l'hypothèse i constant suppose la bobine utilisée loin de sa fréquence propre.

Application. — Je ne donnerai ici qu'un exemple :

Supposons qu'on se fixe D (encombrement), L étant une conséquence de la capacité du circuit oscillant. L'expression (4) est minimum pour

$$\gamma N n = \frac{D}{\pi \omega r^3} \sqrt{\frac{\alpha}{\eta \beta}}$$

et vaut alors $\mathcal{R} = 2R_0 = 2(Lr\omega/D)$, valeur remarquable indépendante de γ donc de la nature du métal. On en déduit les valeurs optima

$$N = \frac{D^2 r}{\pi \omega \gamma r^3} \sqrt{\frac{\alpha}{\eta L}} \qquad \text{et} \qquad s = N \pi r^2$$

correspondant à $\mathcal{R}$.

De plus (5) devient $\pi \omega \gamma r^2/2 \ll 1$, soit $r \ll (2\pi\omega\gamma)^{-(1/2)}$.

Pour l'optima la condition nécessaire et suffisante d'uniformité du champ est donc celle de pénétration complète du courant.

Toutes ces formules, en particulier celle donnant $\mathcal{R}$ optima ont été très bien vérifiées sur les enroulements modernes que j'ai utilisés au-dessous de deux mégacycles.

EFFET RAMAN. — *Spectres de basse fréquence de monocristaux d'urée.* Note de Mme **Lucienne Couture-Mathieu**, transmise par M. Jean Cabannes.

Les monocristaux étudiés ont été obtenus par évaporation lente d'une solution aqueuse contenant une forte proportion de chlorure d'ammonium. De nombreux spectres ont été photographiés pour différentes positions du cristal, la lumière diffusée étant analysée par la méthode habituelle.

La maille élémentaire du cristal [1] contient deux molécules planes d'urée, de symétrie propre C_{2v} (2 mm), symétriques l'une de l'autre par rapport à l'axe quaternaire inverse S_4^z du groupe de symétrie V_d^3 ($P\bar{4}\,2_1\,m$) du cristal. On admet que les molécules sont liées entre elles par des liaisons hydrogène unissant l'atome d'oxygène d'une molécule à un atome d'azote d'une molécule voisine. Le dénombrement des oscillations de basse fréquence peut se faire par la méthode du couplage [2]. Les résultats théoriques et expérimentaux sont résumés dans le tableau suivant :

---

(1) W. G. Wyckoff and R. B. Corey, *Z. Krist.*, 89, 1934, p. 462.

(2) J. Cabannes et R. Aynard, *J. de Phys.*, 3, 1942, p. 137.

Résultats théoriques.						Résultats expérimentaux.		
Molécule.			Cristal.					
Degrés de liberté.	C_2^w.	σ_u.	S_4^Z.	Types.	Dénombrement.	Fréquences en cm^{-1}.	Types.	Intensités.
T_w	s	s	s (*)	A_1	1	58	A_1	$\varepsilon_{XX}^2 = 7$, $\varepsilon_{ZZ}^2 = 0$
			a	B_2	$1 - 1(T_Z) = 0$	–	–	–
R_w	s	a	s	A_2	1 (Inactive)	–	–	–
			a	B_1	1	58	B_1	$\varepsilon_{XY}^2 = 8,5$
$T_v R_u$	a	s	d_c	E	$4 - 1(T_\perp) = 3$	102	E	$2\varepsilon_{ZX}^2 = 1$
$T_u R_v$	a	a				135	E	» $= 1,1$
						177	E	» $= 0,3$

(*) s, symétrique; a, antisymétrique; d_c, dégénéré.

Les molécules sont rapportées à un trièdre trirectangle $Ouvw$,. Ou étant perpendiculaire au plan σ_u de la molécule, Ow étant dirigé suivant l'axe binaire C_2^w parallèle à la liaison C—O. Les six degrés de liberté de la molécule considérée comme indéformable sont désignés par T_u, T_v, T_w (translations parallèles aux axes en indices); R_u, R_v, R_w (rotations autour de l'axe noté en indice). Le cristal est rapporté aux axes OXYZ parallèles aux arêtes de la maille, OZ ayant la direction de l'axe quaternaire. La notation des types de symétrie est celle de Placzek; les intensités relatives des raies sont données par la valeur des carrés des coefficients du tenseur de polarisabilité dérivé. Comme terme de comparaison, indiquons que l'intensité relative de la raie la plus forte du spectre de vibration interne de l'urée, située dans le cristal à 1010 cm^{-1}, est environ 2.

Discussion des résultats expérimentaux. — Tous les résultats obtenus sont en accord avec les règles de polarisation des raies pour le groupe V_d si l'on admet la superposition, à 58 cm^{-1}, de deux raies de types A_1 et B_1. Le spectre, qui comprend en outre trois raies du type E, contient donc toutes les raies prévues par les règles de symétrie.

La raie de type A_1 correspond à une vibration de translation des molécules qui s'effectue parallèlement à l'axe OZ, en deux sens opposés pour les deux molécules de la maille. Nous pensons que c'est la présence des liaisons hydrogène qui rend aussi forte une raie de translation; les raies de translation sont en effet souvent faibles dans les cristaux moléculaires ([3]). Une propriété curieuse du tenseur de cette raie est que le coefficient ε_{ZZ}, permis par les règles de symétrie, soit nul.

La raie de type B_1, correspond à une libration en sens opposé des deux molécules de la maille autour de leur axe binaire C_2^w. L'intensité considérable

([3]) A. Rousset, *Ann. de Phys.*, 20, 1945, p. 53.

de cette raie est due à la forte anisotropie optique des molécules d'urée ([4]); elle est en effet proportionnelle à $(c_u - c_v)^2$ ([5]), c_u et c_v étant les polarisabilités principales de la molécule d'urée suivant les axes Ou et Ov.

Quant aux trois raies de type E, elles correspondent à des vibrations de la maille mettant en jeu les quatre degrés de liberté de chaque molécule R_u, R_v, T_u et T_v. Ainsi que nous l'avons montré ([6]), seules les conditions dynamiques peuvent apprendre quelle part chaque degré de liberté prend dans chacune des vibrations de ce type. Il serait, par exemple, tout à fait arbitraire d'assigner une vibration propre à un couplage de la libration R_u des deux molécules, car on voit facilement que la rotation R_u d'une des molécules provoque, par l'intermédiaire d'une liaison hydrogène, la rotation R_v dans l'autre molécule de la maille qui se trouve à angle droit de la première.

Dans la vibration de type B_1, la longueur des liaisons hydrogène ne varie pas, le déplacement des atomes N et O étant perpendiculaire au trait de liaison; il en est de même, à 20° près, pour la vibration de type A_1; pour tous les degrés de liberté correspondant aux vibrations de type E, il se produit, au contraire, des variations notables dans la longueur des liaisons hydrogène. On explique ainsi que les fréquences des deux vibrations A_1 et B_1 soient plus basses que celles des vibrations de type E.

ZOOLOGIE. — *Extension de l'organe nucal à quelques familles d'Annélides Polychètes.* Note (*) de M. **François Rullier**, présentée par M. Louis Fage.

Au cours de recherches sur les organes nucaux des Annélides Polychètes sédentaires, j'ai été amené à étudier de nombreuses espèces de chacune des familles de ce groupe. Cela m'a permis de vérifier l'opinion commune que cet organe sensitif, auquel on attribue généralement un rôle olfactif, fait partie de l'équipement normal des Polychètes. Cependant, chez certaines formes très évoluées, on constate qu'en rapport avec la vie sédentaire l'organe nucal a régressé, parfois même a disparu, ainsi qu'on peut le constater chez les *Serpulidæ* et les *Oweniidæ*. Par contre, je puis signaler sa présence dans plusieurs familles où il était pratiquement inconnu :

1° Chez les *Sabellariidæ*, où *Sabellaria alveolata* L. présente un organe nucal élémentaire, très réduit comme dimensions et peu spécialisé, mais cependant irrécusable. Johansson ([1]) en avait pressenti l'existence.

([4]) K. Lonsdale, *Proc. Roy. Soc. London*, A 177, 1941, p. 272.
([5]) A. Kastler et A. Rousset, *J. de Phys.*, 2, 1941, p. 49.
([6]) L. Couture et J. P. Mathieu, *J. de Phys.*, 10, 1949, p. 145.

(*) Séance du 22 juillet 1949.
([1]) *Zoologiska Bidrag från Uppsala*, Bd. XI, 1927, p. 33.

2° Chez les *Terebellidæ*, où Hessle (²) avait découvert l'organe nucal de *Thelepus setosus*. En réalité, *Polymia nebulosa* (Montagu), *P. nesidensis* (Delle Chiaje), *Terebella lapidaria* (Kahler), *Lanice conchilega* (Pallas), *Nicolea venustula* (Montagu) et *Polycirrus aurantiacus* Grube possèdent également des organes nucaux présentant d'assez grandes différences avec ceux de *Telepus setosus*.

3° Chez les *Sabellidæ*, où seul *Euchone papillosa*, selon Johansson, était favorisé d'un organe nucal dont il donne quelques microphotographies peu lisibles (³). *Jasminiera elegans* (Saint-Joseph), *Chone infundibuliformis* Kröyer, *Sabella pavonina* Savigny et *Branchiomma vesiculosum* (Montagu) en possèdent également.

Tous ces organes nucaux, étroitement reliés au cerveau, se trouvent situés à la partie dorsale de l'animal, dans un repli qui sépare du péristomium, le prostomium d'ailleurs assez indistinct.

4° Chez les *Amphictenidæ*, où *Amphictene Souriei* Fauvel est doté d'un organe semblable à celui que Watson (⁴) avait décrit dans *Pectinaria Koreni* Malmgren.

Ainsi, exception faite pour les *Serpulidæ* et les *Oweniidæ*, toutes les familles d'Annélides Polychètes sédentaires possèdent des organes nucaux. Je compte donner prochainement, dans un mémoire en cours de préparation, de plus amples détails anatomiques et histologiques sur cette question.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le lait et les ferments gélifiants.* Note (*) de M. **Wladislas Kopaczewski**, présentée par M. Albert Demolon.

L'activité de certains ferments dépend des conditions expérimentales : la *papaïne* attaque les protides et gélifie le sang; la *pepsine*, selon l'acidité réelle du milieu, fonctionne soit comme *protéase* (pH 1,5), soit comme *présure* (pH 6,0); les ions OH^-, introduits pour neutraliser une dispersion de caséine, suppriment tout effet gélifiant de la présure. Nous avons essayé de préciser les conditions d'activité des présures commerciales liquides.

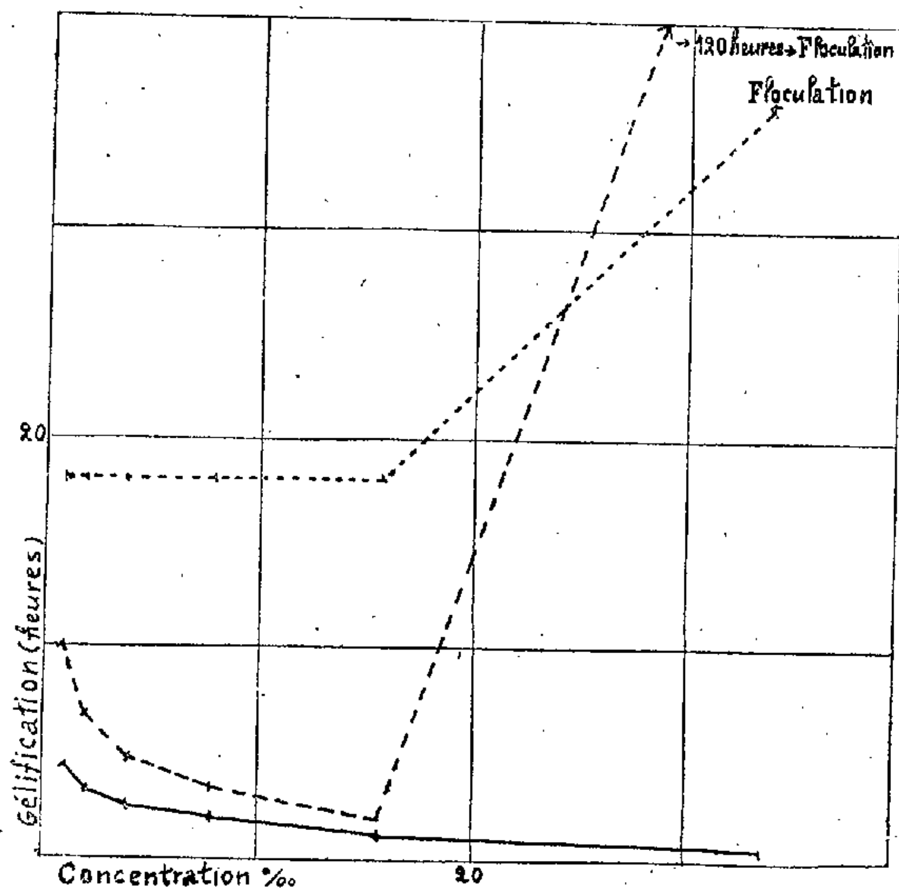
1. *Purification.* — Nous avons déjà relaté le peu d'efficacité, à ce point de vue, du transport électrique (¹). L'addition de 4 volumes d'éthanol absolu provoque la formation d'un coagel volumineux qui sédimente rapidement; par décantation, lavage avec l'éthanol, filtration et dessiccation dans le vide, on obtient une masse blanchâtre, fortement adhérente au verre. On la disperse,

(²) *Ibid.*, Bd. V, 1917, p. 55-56.
(³) *Loc. cit.*, pl. 3, fig. 1 et pl. 4, fig. 1-2.
(⁴) *Transactions of the Liverpool Biological Society*, **42**, 1928, p. 51.

(*) Séance du 8 août 1949.
(¹) *Le Lait*, **28**, 1948, p. 365.

ainsi que le filtrat évaporé au bain-marie (40-50°C) dans Na Cl à 9 ‰; ces dispersions, ajoutées à raison de 1^{cm^3} au 5^{cm^3} de lait frais complet, n'ont pas les propriétés gélifiantes de la présure primitive; cette dernière gélifie le lait en 2 heures 1/2, le filtrat — en 10 heures 1/2; le coagel provoque une floculation fine, sans gélification, en 41 heures. Il semble donc que les présures commerciales liquides contiennent un principe antagoniste coagulable par l'éthanol absolu; or, l'éthanol sert à la séparation des ferments, en général. Notons que certaines présures commerciales solides ne sont pas coagulables par ce réactif; elles sont alors particulièrement actives.

2. *Périodicité d'action.* — Nous avons constaté que l'activité des présures commerciales liquides est périodique en fonction des concentrations : la gélification du lait frais s'obtient, à 20°C, en trois heures, à la concentration de 0,6 %, et en une heure — à 6 %; il ne se forme qu'une floculation au bout de 120 heures — à 12 % (*fig.*).



Gélification du lait par les présures.
|—| Présure solide. |- -| Présure liquide. |. . .| Coagel éthanolique de la présure liquide.

3. L'existence des *présures végétales* nous a donné l'idée d'examiner l'activité gélifiante d'un extrait de feuilles fraîches de luzerne, lequel sert habituellement à la gélification de la pectine. Voici le temps nécessaire pour gélifier le lait (5^{cm^3}) : avec $0^{cm^3}25$ de cet extrait, la gélification se fait en 9 heures; avec $0^{cm^3},5$ — en 3 heures 30 min.; avec 1^{cm^3} — en 2 heures 30 min.; le lait seul se gélifie en 13 heures et la pectine (5^{cm^3} additionné de 1^{cm^3}) donne un gel instantané; l'extrait bouilli durant 5 minutes n'a aucun effet ni sur le lait, ni sur la pectine.

Le lait frais de vache (5^{cm^3}), additionné de latex frais, très toxique, d'*Euphorbia dendroïdes* ($0^{cm^3},4$), se gélifie en 7 heures; par le latex filtré — en

3 heures; par le latex conservé 30 jours, mais resté liquide—en 16 heures; par le latex bouilli—en 30 heures, alors que le lait seul se prend en masse en 33 heures.

4. Nous avons examiné l'éventualité de l'existence des *présures animales*.

Le sang total, prélevé par ponction d'une veine chez un homme de 60 ans, à jeun, coulé directement, goutte à goutte, de l'orifice de l'aiguille dans des récipients paraffinés, gélifie 2^{cm^3} du lait de vache : avec 3 gouttes de sang on observe une gélification homogène du mélange en 50 minutes, suivie, au bout de 6 heures, d'une synérèse très abondante, et puis, après 55 heures, d'une prise en masse du liquide surnageant; l'addition de 6 gouttes de sang donne, en 45 heures, une masse compacte, sans synérèse, qui n'évolue plus durant plusieurs jours. Tout se passe donc comme si le sang contenait, lui aussi, un principe gélifiant le lait.

Nous avons donc été amené à étudier l'action sur le lait du ferment gélifiant le sang, *la thrombase* : $0^{cm^3},1$ de ce ferment, en concentration de 10 %, semble accélérer (de deux heures) la prise en masse de 5^{cm^3} de lait; $0^{cm^3},8$, la retarde de 22 heures.

5. Ces faits nous ont suggéré l'examen du *comportement de la présure envers les colloïdes gélifiables*, autres que le lait.

En ajoutant de la *présure* commerciale liquide ($0^{cm^3},2$) au sang ($2^{cm^3},75$), on retarde sa gélification de six heures. La pectine (2^{cm^3}) additionnée de l'éthanol absolu ($0^{cm^3},15$) se gélifie instantanément, mais ne forme, en présence de la présure ($0^{cm^3},3$), qu'une coagulation hétérogène sans prise en masse. La présure commerciale liquide stabilise donc les colloïdes en question.

Par contre, le sérum de cheval (2^{cm^3}) additionné soit d'acide lactique, soit de pyridine, se gélifie beaucoup plus rapidement en présence de la présure liquide ($0^{cm^3},3$). Cette accélération est plus faible à l'égard du latex d'*Euphorbia dendroïdes*.

Conclusions. — 1° Le lait de vache est gélifié non seulement par l'extrait de caillettes de veau (*présure*), mais aussi par le suc de feuilles fraîches de luzerne (*pectase*), par le latex d'*Euphorbia dendroïdes* (*coalase*) et par le sang humain (*thrombase*).

2° L'action de l'extrait liquide de caillettes de veau sur le lait est périodique : à haute dose il empêche la gélification du lait.

3° L'extrait liquide de caillettes de veau retarde la gélification du sang humain et de la pectine; il accélère, aux doses étudiées, faiblement celle du latex et fortement la lactogélification du sérum de cheval.

La séance est levée à 15^h30^m.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 SEPTEMBRE 1949.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les zéros des polynomes à coefficients réels associés à un polynome.* Note de M. **Paul Montel.**

1. Soit $\Pi(z)$ un polynome en z, de degré n, à coefficients complexes. On peut écrire

$$\Pi(z) = P(z) + iQ(z),$$

$P(z)$ et $Q(z)$ désignant des polynomes en z, de degré n, à coefficients réels. Le couple P, Q et le polynome Π se correspondent biunivoquement. Nous dirons que les polynomes P et Q sont associés à Π et que l'ensemble des polynomes $P + \lambda Q$, λ désignant un nombre réel, forme le faisceau associé à Π. Nous nous proposons d'étudier les relations entre les positions des zéros de Π et celles des zéros de $P + \lambda Q$. Nous supposerons $P(z)$ et $Q(z)$ premiers entre eux.

Nous dirons qu'un zéro est supérieur ou inférieur si le point représentatif de ce zéro est situé dans le demi-plan $\mathcal{I}(z) \geqq 0$ ou le demi-plan $\mathcal{I}(z) \leqq 0$. Lorsque tous les zéros de $\Pi(z)$ sont supérieurs ou inférieurs, M. Fujiwara [1] a démontré que les zéros de $P(z)$ et de $Q(z)$ sont réels, distincts et entrelacés, et réciproquement. M. Kakeya [2] a établi que, pour que les zéros de $P(z)$ et de $Q(z)$ soient réels, distincts et entrelacés, il faut et il suffit que les zéros de $P + \lambda Q$ soient réels et distincts quel que soit le nombre réel λ.

2. Examinons le cas où $\Pi(z)$ admet p zéros supérieurs et $q = n - p$ zéros inférieurs. On peut toujours supposer $p \geqq q$, en remplaçant au besoin $\Pi(z)$ par le polynome $P - iQ$ à coefficients conjugués de ceux de $\Pi(z)$. On démontre le théorème :

(1) *Einige Bemerkungen über die elementare Theorie der algebraischen Gleichungen* (*The Tohoku Math. Journ.*, 9, 1916, p. 102-108).

(2) Cf. M. Fujiwara, note (1) et Paul Montel, *Sur les fractions rationnelles à termes entrelacés* (*Mathematica*, 5, 1931, p. 110-129).

Si un polynome a p zéros supérieurs et q zéros inférieurs, $(p \geqq q)$, *chacun des polynomes du faisceau associé a au moins p — q zéros réels et distincts.*

Le nombre $p-q=r$ sera dit l'indice de la fraction rationnelle $P/Q=R$. L'indice ne change pas si l'on remplace P et Q par deux autres polynomes du faisceau associé.

Pour $q=0$, on a $p=r=n$ et l'on retrouve un résultat connu. Si $\Pi(z)$ ne dépend que de z^m, m désignant un entier, on obtient des conclusions relatives à un angle inférieur à π au lieu d'un demi-plan.

En changeant au besoin les polynomes de base du faisceau, on peut écrire la fraction R sous l'une des formes suivantes :

$$R = A_0 + \sum_{i=1}^{r} \frac{A_i}{z-\alpha_i} + \sum_{j=r+1}^{r+h} \frac{A_j}{z-\alpha_j} - \sum_{j=1}^{h} \frac{A'_j}{z-\alpha'_j} + I_h \qquad h=(0, 1, 2, \ldots, q).$$

Les nombres α_i, α_j, α'_j sont réels; les nombres A_i, A_j, A'_j sont positifs; I_h désigne une fraction rationnelle dont les pôles sont deux à deux imaginaires conjugués; I_q est identiquement nul. Dans tous les cas, l'équation $R=\mu$, où μ désigne un nombre réel, a au moins r racines réelles et distinctes.

3. Réciproquement, on a le théorème :

Si le polynome $P+\lambda Q$, *de degré n, à coefficients réels, admet quel que soit* λ *réel, au moins* $n-2k$ *zéros réels et distincts et au plus* $n-2k'$ *zéros réels, le polynome* $\Pi(z)$ *a k zéros inférieurs et la fraction* R *admet la représentation du paragraphe* 2 *avec* $n-k-k'$ *résidus positifs et* $k-k'$ *résidus négatifs.*

Pour $k=k'=0$, on retrouve le théorème de M. Kakeya.

4. Soient $R_1(z)$, $R_2(z)$, ..., $R_p(z)$ des fractions rationnelles. Formons les fractions

$$R_2[R_1(z)] = R_{1,2}(z), \qquad R_3[R_{1,2}(z)] = R_{1,2,3}(z), \quad \ldots, \quad R_p[R_{1,2,\ldots,p-1}(z)] = R_{1,2,\ldots p}(z);$$

les fractions à plusieurs indices inférieurs sont les résultats de la composition des fractions initiales. On a le théorème :

L'indice d'une fraction rationnelle composée est le produit des indices des fractions rationnelles composantes.

En particulier, si l'un des indices de la suite $R_i(z)$ est nul, il en est de même pour les indices des fractions composées avec la fraction correspondante. De même, si l'indice de chaque fraction composante est égal à son degré, il en est de même de la fraction composée, résultat connu [3].

M. **Albert Pérard** fait hommage de deux publications qui viennent de paraître :

1° *Comptes rendus des Séances de la Neuvième Conférence générale des Poids et*

---

[3] *Cf.* Paul Montel, *loc. cit.*, note [2].

Mesures réunie à Paris en 1948, Conférence qui s'est réunie à Paris et à Sèvres en octobre 1948;

2° *Les récents progrès du système métrique* 1948. *Rapport* présenté par lui à cette Conférence.

DÉSIGNATIONS.

M. **Gustave Ribaud** est délégué aux Cérémonies organisées par l'*American Committee for the Weizmann Institute of Science*, le 2 novembre 1949, à Rehovoth, à l'occasion du 75e anniversaire du Dr Weizmann et de sa première année de présidence sur l'État d'Israël.

M. **Albert Pérard** est délégué à la Cérémonie qui aura lieu à Groslay, le 11 septembre 1949, à l'occasion de la pose d'un buste de **Ferdinand Berthoud**.

L'Académie est invitée à déléguer un Membre aux Cérémonies organisées à Hacqueville, le 25 septembre 1949, pour célébrer le Centenaire de la mort de Sir *Marc Isambart Brunel*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Maurice Lecat. *Tables azéotropiques*. Tome I. *Azéotropes binaires orthobares*. Deuxième édition.

TOPOLOGIE. — *Sur les variétés closes à métrique hermitienne sans torsion.* Note (*) de MM. **Beno Eckmann** et **Heinrich Guggenheimer**, transmise par M. Élie Cartan.

Dans cette Note nous appliquerons à des variétés complexes closes les considérations purement locales de deux Notes antérieures (1) sur la structure complexe et la métrique hermitienne, et nous en déduirons des propriétés globales.

1. Soit V une variété complexe (2) close à $2m$ dimensions; cela signifie

(*) Séance du 29 août 1949.

(1) Formes différentielles et métrique hermitienne sans torsion. I. Structure complexe, formes pures (*Comptes rendus*, 229, 1949, p. 464). II. Formes de classe k; formes analytiques (*Comptes rendus*, 229, 1949, p. 489). Ces deux Notes, dont nous conservons les définitions et les notations, sont désignées par I et II.

(2) *Cf.* H. Hopf, *Zur Topologie der komplexen Mannigfaltigkeiten. Studies and Essays Presented to R. Courant* (New-York, 1948), p. 167-185.

que V est recouverte par un nombre fini de voisinages qui sont homéomorphes à l'espace numérique réel R^{2m} et décrits par des coordonnées complexes $Oz_1, \ldots, z_m$, de telle façon que dans l'intersection de deux voisinages le passage d'un système de coordonnées à l'autre se fait par une transformation analytique (*cf.* I, § 1). Toutes les notions et résultats de I et II relatifs à la structure complexe ont dans V un sens global, si on les applique à des formes différentielles définies et régulières sur toute la variété V, ce que nous ferons ici ([3]). En se bornant toujours à des formes *harmoniques* (par rapport à une métrique riemannienne positive définie donnée dans V), on est amené à des propriétés topologiques de V : désignons par H^p l'espace linéaire de toutes les formes harmoniques de degré p; il existe un isomorphisme naturel de H^p sur le $p^{\text{ième}}$ groupe de cohomologie (à coefficients complexes) de V, et le rang de H^p est le $p^{\text{ième}}$ nombre de Betti b^p de V. Dans la suite nous supposons V munie d'une métrique qui est, sous sa forme complexe, une métrique hermitienne sans torsion (*cf.* I, § 4); appelons dans ce cas V une *variété kählérienne*. Les espaces projectifs complexes et les variétés algébriques plongées sans singularités dans un tel espace peuvent être considérés comme variétés kählériennes ([4]).

2. Soit $H^p_{(h)}$ l'espace linéaire des p-formes harmoniques de type h (*cf.* I, § 2) dans V. D'après I.4, H^p est la somme directe des $H^p_{(h)}$, $h = 0, \ldots, p$ et, d'après I.3, l'opérateur C établit un isomorphisme de $H^p_{(h)}$ sur $H^p_{(p-h)}$. Si $b^p_{(h)}$ désigne le rang de $H^p_{(h)}$, on a $b^p = b^p_{(0)} + b^p_{(1)} + \ldots + b^p_{(p)}$ et $b^p_{(h)} = b^p_{(p-h)}$, donc

$$b^p = 2\left[b^p_{(0)} + \ldots + b^p_{\left(\frac{p-1}{2}\right)}\right], \tag{1}$$

si p est impair. D'où la généralisation suivante d'un théorème établi par Lefschetz pour les variétés algébriques :

(2) *Les nombres de Betti des dimensions impaires d'une variété kählérienne close sont tous pairs.*

3. Passons à l'application de II, §§ 1-4. La 2-forme ω^2 associée à la métrique et donnée localement par $i\sum_{j,k=1}^{m} g_{jm+k}\,dz_j\,dz_{m+k}$ est harmonique et $\neq 0$, et il en est de même des puissances $k^{\text{ièmes}}$, $k = 0, 1, \ldots, m$ de ω^2. Dans les

---

([3]) Rappelons ici que nous remplaçons les variables réelles locales $x_1, \ldots, x_{2m}$ (= parties réelles et imaginaires des $z_1, \ldots, z_m$) dans V par $z_1, \ldots, z_m, \bar{z}_1 = z_{m+1}, \ldots, \bar{z}_m = z_{2m}$, et que les formes différentielles sont des formes en $dz_1, \ldots, dz_{2m}$ ou en $dx_1, \ldots, dx_{2m}$, à coefficients *complexes*. On pourrait se borner à des formes *réelles*, c'est-à-dire à des formes qui, exprimées par les $dx_1, \ldots, dx_{2m}$, ont des coefficients réels; les opérateurs introduits dans I et II transforment des formes réelles en formes réelles.

([4]) *Cf.* V. W. D. Hodge, *The theory and application of harmonic integrals* (Cambridge, 1941), p. 147 et suivantes. Nous généralisons ainsi des résultats du Chap. IV de ce livre, par un procédé un peu différent [*cf.* ([2]) dans la Note I].

dimensions paires $\leq 2m$, les nombres de Betti sont donc > 0. De plus, le produit extérieur de ω^2 par une p-forme harmonique $\neq 0$, $p \leq m-2$ est harmonique et $\neq 0$. La multiplication par ω^2, opération désignée par L, définit un *isomorphisme* de H^{p-2} dans H^p, $p \leq m$. Notons en particulier :

(3) *Pour les nombres de Betti d'une variété kählérienne close à* $2m$ *dimensions on a* $b^{p-2} \leq b^p$, *pour* $p \leq m$.

Soient H_0^p l'espace linéaire des p-formes harmoniques effectives [c'est-à-dire vérifiant $\Lambda\varphi^p = -(1)^p \star L \star \varphi^p = 0$] et $H_k^p = L^k H_0^{p-2k}$ celui des p-formes harmoniques de classe k, pour $k = 0, 1, \ldots, [p/2]$.

(4) *Pour* $p \leq m$, H^p *est la somme directe de* H_0^p *et de* LH^{p-2} (*isomorphe à* H^{p-2}), *ou la somme directe des* H_k^p, $k = 0, 1, \ldots, [p/2]$.

Le théorème de décomposition II.8 est ainsi valable pour des formes harmoniques régulières sur toute la variété V, autrement dit pour *les classes de cohomologie de* V.

4. Soit α^p une forme partout régulière et *analytique* dans V, c'est-à-dire donnée localement par $\alpha^p = \Sigma A_{i_1 \ldots i_p} dz_{i_1} \ldots dz_{i_p}$ où les $i_1, \ldots, i_p$ sont $\leq m$ et où les $A_{i_1 \ldots i_p}$ sont des fonctions analytiques de $z_1, \ldots, z_m$. D'après II.9 on a alors $\delta\alpha^p = 0$. $\beta = d\alpha^p$ est également analytique, donc $\delta\beta = 0$ et, puisque $d\beta = 0$, β est harmonique. Mais on sait que dans une variété close toute forme harmonique qui est une différentielle extérieure est nulle. $d\alpha^p$ est donc automatiquement $= 0$, α^p est intégrable.

(5) *Dans une variété kählérienne close toute forme différentielle analytique est intégrable* (*donc harmonique*).

Il s'ensuit facilement que les formes différentielles analytiques α^p dans V sont identiques aux formes harmoniques de type O. Nous savons que ces dernières sont effectives : $H_{(0)}^p \subset H_0^p$, et il en est de même de $H_{(p)}^p = CH_{(0)}^p$, isomorphe à $H_{(0)}^p$. Pour le nombre maximum a^p de p-formes différentielles analytiques dans V, linéairement indépendantes au sens complexe, on a ainsi l'inégalité $2a_4^p \leq e^p$, où e^p est le rang de H_0^p, qui d'après (4) est égal à $b^p - b^{p-2}$. D'où

$$2a^p \leq b^p - b^{p-2}. \tag{6}$$

Pour $p = 1$, (6) se réduit à l'équation $2a^1 = b^1$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *La croissance des fonctions analytiques et uniformes sur une surface de Riemann ouverte*. Note (*) de M. **Albert Pfluger**, présentée par M. Paul Montel.

Soient $\mathcal{F}$ une surface de Riemann ouverte et $F_0 \subset F_1 \subset \ldots \subset F_n \subset \ldots$ une suite emboîtée de surfaces partielles et compactes, qui engendrent $\mathcal{F}$. Admettons que la frontière Γ_n de F_n soit formée par des courbes suffisamment régu-

(*) Séance du 1er août 1949.

lières. Nous considérons une fonction non constante $w = u + iv$, analytique et uniforme sur $\mathcal{F}$, et la suite correspondante des intégrales de Dirichlet

$$D_n = \iint_{F_n} \left|\frac{dw}{dz}\right|^2 dx\,dy \qquad (n = 1, 2, \ldots).$$

Il s'agit de trouver la croissance minimale des D_n.

Cherchons d'abord une borne inférieure du quotient D_n/D_{n-1}. Considérons à cet effet la fonction g, harmonique et univoque dans $F_n - F_{n-1}$, nulle sur Γ_{n-1} et égale à 1 sur Γ_n. Soit h, sa fonction harmonique conjuguée. La ligne de niveau $g = \rho\,(0 \leq \rho \leq 1)$ se compose d'un nombre fini de courbes simples et fermées $\gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_p$. Nous posons

$$\int_{\gamma_i} dh = h_{ni}\,(> 0), \qquad D_{\gamma_i} = \int_{\gamma_i} u\,dv \qquad (i = 1, 2, \ldots, p),$$
$$\operatorname{Max} h_{ni} = H_n(\rho), \qquad D(\rho) = D_{\gamma_1} + \ldots + D_{\gamma_p}.$$

Relativement à γ_i, nous déterminons la constante m telle que $\overline{U} = U - m$ vérifie la condition $\int_{\gamma_i} \overline{U}\,dh = 0$. Il résulte alors d'une inégalité de Wirtinger que

$$4\pi^2 \int_{\gamma_i} \overline{U}^2\,dh \leq h_{ni}^2 \int_{\gamma_i} \left(\frac{\partial U}{\partial h}\right)^2 dh;$$

ensuite, grâce à l'uniformité de w et en appliquant l'inégalité de Schwarz,

$$D_{\gamma_i} = \int_{\gamma_i} \overline{U}\,dV \leq \sqrt{\int_{\gamma_i} \overline{U}^2\,dh \cdot \int_{\gamma_i} \left(\frac{\partial U}{\partial g}\right)^2 dh} \leq \frac{h_{ni}}{2\pi} \sqrt{\int_{\gamma_i} U_h^2\,dh \cdot \int_{\gamma_i} U_g^2\,dh}$$
$$\leq \frac{H_n}{4\pi} \int_{\gamma_i} (U_g^2 + U_h^2)\,dh = \frac{H_n}{4\pi} \cdot \frac{dD_{\gamma_i}}{d\rho},$$

et, par sommation,

$$4\pi D(\rho) \leq H_n(\rho) \frac{dD(\rho)}{d\rho}.$$

En intégrant cette inégalité différentielle, on trouve

$$ln \frac{D_n}{D_{n-1}} \geq 4\pi \int_0^1 \frac{d\rho}{H_n(\rho)} = 4\pi k_n,$$

et, finalement,

$$D_n \geq D_0 \cdot e^{4\pi \sum_1^n k_i}.$$

Donc, si $\sum_1^\infty K_n$ diverge, deux cas seulement peuvent se présenter : ou bien les D_n tendent vers l'infini avec une certaine rapidité ou bien tous les D_n s'annulent. Si l'on remplace k_n par μ_n, le plus petit des modules des

composantes connexes de $F_n - F_{n-1}$ ($\mu_n \leq k_n$), on tombe tout de suite, au facteur 4π près, sur un résultat de M. *L. Sario* (¹).

Supposons maintenant que la frontière de $\mathcal{F}$ soit de mesure harmonique positive et qu'elle ne contienne aucune partie séparée de mesure harmonique nulle. Alors, il existe sur $\mathcal{F}$ une fonction de Green g et les lignes de niveau $g = \rho\,(>0)$ se composent d'un nombre fini de courbes compactes. En se servant des notations précédentes on trouve

$$D(\rho) \geqq D(\rho_0)\, e^{4\pi\alpha(\rho)}, \qquad \alpha(\rho) = \int_\rho^{\rho_0} \frac{d\xi}{H(\xi)}.$$

Tout récemment, au facteur π près, ce résultat a été communiqué par M. R. Nevanlinna (²). En posant

$$\int_{g=\rho} |w|^2 dh = m^2(\rho), \qquad \operatorname*{Max}_{g=\rho} |w| = M(\rho),$$

on démontre que $m(\rho)\, m'(\rho) = 2D(\rho)$ (³), et l'on trouve par intégration

$$M^2(\rho) \geqq c \int_\rho^{\rho_0} e^{4\pi\alpha(\xi)}\, d\xi.$$

Voilà donc une condition nécessaire pour l'existence d'une fonction w bornée : il faut que $\int_0 e^{4\pi\alpha(\xi)} d\xi$ converge (⁴). Dans le cas d'une surface $\mathcal{F}$ de genre zéro, on revient à un problème classique de M. Painlevé (⁵).

Soit maintenant $\alpha(0) < \infty$. Dans le voisinage du pôle de la fonction de Green g, nous choisissons un paramètre local z et nous supposons qu'on ait

$$w = z + c_2 z^2 + \ldots \qquad \text{et} \qquad g = ln\left|\frac{1}{z}\right| + \gamma + o(1),$$

dans le voisinage de $z = 0$. Nous posons $\beta(\rho) = \int_\rho^\infty [1/H(\xi) - 1/2\pi]\, d\xi$. Par un simple passage à la limite ($\rho_0 \to \infty$), on trouve alors les deux inégalités

$$D(0) \geqq \pi\, e^{2\gamma + 4\pi\beta(0)} \qquad \text{et} \qquad M^2_{(0)} \geqq 2\pi\, e^{2\gamma} \int_0^\infty e^{4\pi\beta(\rho) - 2\rho}\, d\rho.$$

Si la surface $\mathcal{F}$ est simplement connexe, on a $\beta(\rho) \equiv 0$ et l'on revient aux inégalités classiques de Bieberbach et de Schwarz.

Les méthodes exposées s'appliquent aussi dans le cas où l'on opère avec une métrique conforme quelconque à la place du paramètre $g + ih$.

(¹) *Ann. Acad. Sci. Fennicae*, A. I., 50, 1948.

(²) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 2002-2003.

(³) T. Carleman, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 995.

(⁴) Pour une condition analogue, *voir* M. Nevanlinna (²).

(⁵) L. Ahlfors, *Duke Math. Journal*, 14, 1947.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions inverses.*
Note (*) de M. **Eri Jabotinsky**, présentée par M. Paul Montel.

Soit $F(z)$ une fonction holomorphe dans un cercle de centre $z=0$, avec $F(0)=0$ et $0<|F'(0)|<+\infty$. Soit $F_{-1}(z)$ la branche de la fonction inverse de $F(z)$ pour laquelle $F_{-1}(0)=0$. $F_{-1}(z)$ est également holomorphe dans un cercle de centre $z=0$ et l'on a $0<|F'_{-1}(0)|<+\infty$. Soit C_ρ un cercle de centre $z=0$ et de rayon ρ. Les fonctions inverses $F(z)$ et $F_{-1}(z)$ sont reliées par les théorèmes suivants :

Théorème I. — *Soient* $A(z)$ *et* $B(z)$ *deux fonctions holomorphes dans un cercle de centre* $z=0$, *sauf peut-être, au point* $z=0$. *On a, pour* ρ *suffisamment petit,*

$$\int_{C_\rho}[A\{F(z)\}.B'(z)+B\{F_{-1}(z)\}.A'(z)].dz=0. \tag{1}$$

Théorème II. — *Soient m et n deux entiers (positifs, nuls ou négatifs). Les fonctions* $\{F(z)\}^m$ *et* $\{F_{-1}(z)\}^n$ *admettent des développements de Laurent qui convergent dans un cercle de centre* $z=0$, *sauf, peut-être, au point* $z=0$. *Posons*

$$\{F(z)\}^m=\sum_{k=-\infty}^{k=+\infty}\lambda_{m,k}z^k \quad \text{et} \quad \{F_{-1}(z)\}^n=\sum_{k=-\infty}^{k=+\infty}\mu_{n,k}z^k.$$

Les λ et les μ sont liés par la relation

$$n\lambda_{m,(-n)}+m\mu_{n,(-m)}=0. \tag{2}$$

Le théorème I se démontre en posant $u=F(z)$ dans $\int_{C_\rho}A\{F(z)\}B'(z)\,dz$ et en intégrant par parties. On remarque que, lorsque z décrit C_ρ, u décrit un contour fermé simple C'_ρ autour de $z=0$. Il est légitime de remplacer C'_ρ par C_ρ car pour ρ suffisamment petit, les fonctions intégrées sont holomorphes entre C_ρ et C'_ρ. Le théorème II résulte du théorème I pour le cas particulier $A(z)=z^m$ et $B(z)=z^n$.

La relation (2) permet de déterminer les $\mu_{r,s}$ dès que l'on connaît les $\lambda_{p,q}$, sauf si $s=0$. Les $\mu_{r,0}$ sont donnés par le

Théorème III. — *On a*

$$\sum_{q=0}^{q=+\infty}\mu_{-q,0}.z^{q-1}=\frac{F'(z)}{F(z)}=\frac{d}{dz}\log F(z).$$

Les théorèmes II et III réunis sont équivalents au :

(*) Séance du 1er août 1949.

THÉORÈME IV. — *Pour tout n entier, on a*

$$\sum_{q=n}^{q=+\infty} \mu_{-q,-n}.z^{q-1} = \{F(z)\}^{n-1}.F'(z).$$

Pour démontrer le théorème III, il faut étudier la nature des $\lambda_{p,q}$ comme fonctions de p. Posons

$$\log F(z) = \log\lambda_{1,1}.z + \sum_{q=1}^{q=+\infty} \lambda_q.z^q.$$

On a alors :

$$\{F(z)\}^m = \lambda_{1,1}^m.z^m.\text{Exp}\left[\sum_{q=1}^{q=+\infty} m.\lambda_q.z^q\right] = \lambda_{1,1}^m.z^m.\left[\sum_{k=0}^{k=+\infty} P_k(m).z^k\right],$$

où $P_k(m)$ est un polynome de degré k en m. On voit que $\lambda_{p,q} = \lambda_{1,1}^p.P_{q-p}(p)$ et l'on vérifie que, pour $q \neq 0$, on a $\lim_{x \to 0} P_q(x)/x = \lambda_q$.

De même, on aurait $\mu_{m,n} = \mu_{1,1}^m Q_{n-m}(m)$ où $Q_k(m)$ désigne une autre famille de polynomes de degré k en m. La relation (2) donne

$$n\,\lambda_{1,1}^m\, P_{-m-n}(m) + m\,\mu_{1,1}^n\, Q_{-m-n}(n) = 0,$$

d'où, en notant que $\lambda_{1,1}\,\mu_{1,1} = 1$, on a

$$Q_q(s) = s\,\lambda_{1,1}^{-q}\,\frac{P_p(-s-q)}{s+q},$$

ce qui détermine les polynomes $Q_q(s)$. Puisque $Q_q(s)$ est un polynome en s, la relation précédente est également vraie pour s non entier. Prenons q entier et faisons tendre s vers $-q$. Nous trouvons

$$Q_q(-q) = \lim_{s \to -q}\left[s\,\lambda_{1,1}^{-q}\,\frac{P_q(-s-q)}{s+q}\right] = q\,\lambda_{1,1}^{-q}\,\lambda_q.$$

Or $\mu_{-q,0} = \mu_{1,1}^{-q}\, Q_q(-q)$. D'où $\mu_{-q,0} = q\,\lambda_q$, ce qui démontre le théorème III.

Le théorème IV peut se démontrer directement par des considérations analogues mais plus compliquées, basées sur une famille d'identités dont les trois premières sont les suivantes :

$$x - [(x+a_1) + (x+a_2)] + (x+a_1+a_2) = 0,$$

$$x^2 - [(x+a_1)^2 + (x+a_2)^2 + (x+a_3)^2] + [(x+a_1+a_2)^2 + (x+a_1+a_3)^2 + (x+a_2+a_3)^2] - (x+a_1+a_2+a_3)^2 = 0,$$

$$x^3 - \sum_{1 \leq i \leq 4} (x+a_i)^3 + \sum_{1 \leq i < j \leq 4} (x+a_i+a_j)^3 - \sum_{1 \leq i < j < k \leq 4} (x+a_i+a_j+a_k)^3 + (x+a_1+a_2+a_3+a_4)^3 = 0.$$

Comme il est possible de déduire le théorème I du théorème IV, on voit que (1) est algébriquement une conséquence de cette famille d'identités.

AÉRODYNAMIQUE. — *Écoulement potentiel discontinu d'un fluide parfait compressible*. Note (*) de M. **Henri Cabannes**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans le mouvement irrotationnel d'un fluide parfait compressible, l'entropie reste constante; lorsque le fluide subit un choc, l'entropie varie; donc en général le mouvement au delà de l'onde de choc est tourbillonnaire. Il est cependant possible de déterminer l'onde de choc de façon que toutes les éléments gazeux subissent la même variation d'entropie; dans ce cas, le caractère potentiel de l'écoulement peut être conservé; lorsque l'écoulement est à deux dimensions, il existe un potentiel des vitesses avant et après le choc.

I. Nous plaçant dans le cas d'un écoulement plan permanent, nous désignons par q et θ les coordonnées polaires de la vitesse, a la vitesse du son, U_1 et U_2 les composantes normales à l'onde de choc de la vitesse avant et après le choc. Le potentiel des vitesses φ et la fonction de courant ψ vérifient les relations :

$$q\cos\theta = \varphi'_x = \frac{\rho_0}{\rho}\psi'_y,$$
$$q\sin\theta = \varphi'_y = -\frac{\rho_0}{\rho}\psi'_x,$$

où p désigne la densité et p_0 la densité au repos.

Sur chaque ligne de courant, la variation d'entropie à la traversée de l'onde de choc dépend du rapport U_1/U_2 et de quantités ayant la même valeur sur toutes les lignes de courant. Il en résulte les théorèmes suivants :

1. La condition nécessaire et suffisante pour que l'écoulement plan permanent engendré par choc dans un écoulement potentiel soit encore un écoulement potentiel est que le rapport de la vitesse normale à la vitesse locale du son soit une constante.

2. Les ondes de choc possédant la propriété précédente sont définies par l'équation différentielle

$$\lambda^2\frac{a^2}{q^2}d\varphi^2 = \left(1-\lambda^2\frac{a^2}{q^2}\right)\frac{\rho_0^2}{\rho^2}d\psi^2,$$

où λ est une constante supérieure à l'unité.

II. Nous envisageons le cas particulier des écoulements spiraliformes étudiés par Tollmien (1). Dans le plan de l'hodographe, la fonction de courant a pour expression

$$\psi_1(q, \theta) = e^{n\theta}A(q),$$

(*) Séance du 8 août 1949.

(1) *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik*, 17, 1937, p. 117-136.

la fonction $A(q)$ étant solution d'une équation différentielle linéaire du second ordre.

La courbe lieu des points de vitesse constante q_1 est une spirale logarithmique; elle coupe toutes les lignes de courant sous l'angle constant

$$\alpha_1 = \operatorname{arctg} \frac{n}{q} \frac{A}{A'}.$$

Donc, si nous prenons pour q_1 une vitesse supersonique et si nous plaçons l'onde de choc sur cette spirale, l'écoulement postérieur sera irrotationnel. La vitesse postérieure possédera sur l'onde de choc une valeur constante q_2 et fera avec cette onde de choc un angle constant α_2. Il en résulte que l'écoulement postérieur sera un nouvel écoulement spiraliforme

$$\psi_2(q, \theta) = e^{n\theta} B(q).$$

Les valeurs de la fonction $B(q)$ et de sa dérivée première sont déterminées au point q_2 par deux des équations du choc; cette fonction est donc connue. Les deux autres équations du choc déterminent la densité de la pression.

ASTROPHYSIQUE. — *Spectre des étoiles* HD 168 607 *et* HD 168 625. Note de Mme **Renée Herman**, présentée par M. André Danjon.

Pendant les mois de juin et juillet 1948, de nombreux spectres des étoiles HD 168 607 et HD 168 625 ont été pris avec le spectrographe à un prisme, attaché au télescope de 120cm de l'Observatoire de Haute-Provence, dont la dispersion est de 75 Å par millimètre vers H_γ. Ces deux étoiles, situées près de Messier 17, ont attiré à plusieurs reprises l'attention des observateurs par leur fort rougissement. Elles ont été classées de façons diverses suivant les auteurs. La première a toujours été considérée comme une étoile à émission. Pour la seconde, le *Henry Draper Catalogue* note, dans une remarque, que H_β est soupçonnée brillante, et D. M. Popper et C. K. Seyfert (1) signalent que H_α est soupçonnée brillante. P. W. Merril (2) et D. M. Popper et C. K. Seyfert (1) trouvent H_γ en émission et absorption dans le spectre de HD 168 607. En 1947, j'ai observé H_γ seulement en absorption. Les spectres obtenus à cette époque étaient assez mauvais, comme ceux du Mont-Wilson (1924), et permettaient difficilement l'identification des raies. Les clichés de 1948 sont bien meilleurs. J'ai utilisé des plaques à grande rapidité Eastman 103a — O et 103a — C, ce qui m'a permis d'étendre le domaine spectral étudié de H_α à H_ε.

Pour HD 168 607, H_α et H_β sont en émission, on ne décèle aucune compo-

(1) *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 52, 1940, p. 401.

(2) Communication du cliché pris en 1924 au Mont Wilson.

sante d'absorption. H_β présente une vitesse radiale de l'ordre de + 30 km/s. Les raies interstellaires 6284; 5896-90; 5780 et 4430 Å ([3]) sont intenses. Le spectre est sensiblement continu de H_α et H_β. Un excellent cliché, pris sur plaque 103 *a* — O le 20 juin 1948 de 22h à 23h15m TU, m'a permis de mesurer un grand nombre de raies entre H_β et H_δ. Le tableau I donne la liste de ces raies avec leurs intensités approximatives et leur identification.

TABLEAU I.

4480,6	(3)	MgII	4281,2	(4)	FeI	4197,3	(3)	FeI
4405,1	(4)	FeI	4272,1	(6)	FeI	4187,0	(3)	FeI
4383,3	(5)	FeI	4261,0	(5)	FeI	4173,0	(6)	FeI
4339,3	(8)	H_γ	4249,9	(3)	FeI	4153,8	(5)	FeI
4324,6	(4)	FeI	4235,9	(3)	FeI	4144,0	(5)	FeI
4308,6 } 4300,9 }	(8)	G + FeI	4226,8	(9)	CaI	4132,6	(6)	FeI
			4214,6	(3)	SrII	4109,4	(4)	FeI
4289,6	(4)	CrI	4201,9	(5)	FeI	4101,4	(10)	H_δ

Entre H_δ et H_ε on trouve encore SrII 4078,4; FeI 4071,6; FeI 4063,6; FeI 4045,1; MnI 4032,2.

Ce spectre semble assez voisin de la classe G_5I ([4]). Les raies H_γ et FeI 4325 Å donnent une vitesse radiale de l'ordre de — 60 km/s.

On observe en outre deux émissions assez nettes à 4641 et 4541 Å et qui sont attribuables à NIII et HeII. Il est fort probable que cette étoile a un spectre composite qu'il serait intéressant de suivre d'une façon systématique.

En ce qui concerne HD 168625, les raies interstellaires 6284, 5896-90, 5780 et 4330 Å ([3]) sont également très fortes. Les raies stellaires, toutes en absorption, sont réunies dans le tableau II.

TABLEAU II.

(5875)	HeI	4481	MgII	4340	H_γ
4922	HeI	4471	HeI	4130	SiII
4861	H_β	4388	HeI	4101	H_δ

Ce spectre est tout à fait analogue à celui d'une étoile de la classe B_8I. La classification cB_2, donnée par D. M. Popper et C. K. Seyfert ([4]), paraît difficile à conserver en raison de l'intensité de MgII 4481 Å qui est à peu près la même que celle de HeI 4471 Å. A H_α, le spectre semble à peu près continu mais il est très difficile d'en tirer une conclusion certaine étant donné que l'on se trouve à la limite de sensibilité de la plaque.

([3]) On retrouve ici la même structure de la raie 4430 Å, déjà signalée en 1947, avec deux maxima distincts situés vers 4426 et 4430 Å.

([4]) Cette étoile avait été classée A_0Se par P. W. Murill et ses collaborateurs (*Astrophysical Journal*, 78, 1933, p. 87) et eB_{8e} par D. M. Popper et C. K. Seyfert.

OPTIQUE. — *Démonstration directe des formules de Fresnel pour la diffraction d'une onde plane par un demi-plan réfléchissant.* Note (*) de M. **Jacques Brillouin**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Nous considérons le cas d'ondes sonores. En coordonnées cartésiennes x, y, z, l'écran sera le demi-plan $z=0$, $y<0$. Nous utilisons les coordonnées semi-paraboliques x, y, $u=-y+\sqrt{y^2+z^2}$; le Laplacien prend alors la forme :

$$\nabla^2=\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\frac{2u}{y+u}\left\{\frac{\partial^2}{\partial u^2}-\frac{\partial^2}{\partial y\,\partial u}\right\}+\frac{1}{y+u}\frac{\partial}{\partial u}.$$

Mettant le potentiel des vitesses sous la forme

$$\Phi=e^{i\omega t}\Psi(x,y,u)=e^{i\omega t}F(x,y)\,G(u),$$

l'équation générale du son $\nabla^2\Phi-1/c^2\,(\partial\Phi)/(\partial t)=0$ donne

$$G\left[\frac{\partial^2 F}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 F}{\partial y^2}+\frac{\omega^2}{c^2}F\right]+\frac{2u}{y+u}\left[F\left(\frac{d^2G}{du^2}+\frac{1}{2u}\frac{dG}{du}\right)-\frac{\partial F}{\partial y}\frac{dG}{du}\right]=0, \tag{1}$$

qui peut être satisfait en annulant séparément les deux crochets. Le second donne alors

$$\frac{1}{F}\frac{\partial F}{\partial y}=\frac{d^2G}{du^2}:\frac{dG}{du}+\frac{1}{2u} \tag{2}$$

dont les deux membres dépendent de variables différentes et doivent donc être égaux à une même constante $i\omega\,(B/c)$.

Annulant alors le premier crochet de (1), nous obtenons les trois relations

$$\frac{\partial^2 F}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 F}{\partial y^2}+\frac{\omega^2}{c^2}F=0, \tag{3}$$

$$\frac{\partial F}{\partial y}-\frac{i\omega B}{c}F=0, \tag{4}$$

$$\frac{d^2G}{du^2}:\frac{dG}{du}=\frac{i\omega B}{c}-\frac{1}{2u}. \tag{5}$$

Les deux premières donnent $F=e^{Ax+By}$ avec $A^2+B^2=1$, c'est-à-dire

$$A=\operatorname{ch}\xi\sin\sigma+i\operatorname{sh}\xi\cos\sigma=a\,e^{i\alpha},$$
$$B=-\operatorname{ch}\xi\cos\sigma+i\operatorname{sh}\xi\sin\sigma=b\,e^{i\beta}.$$

L'intégration de la troisième donne immédiatement G sous forme d'intégrale de Fresnel

$$G=\int_{u_0}^{u}e^{i\frac{\omega B}{c}u}\frac{du}{\sqrt{u}}=\sqrt{-\frac{2\pi c}{B\omega}}\int_{v_0}^{v}e^{-i\frac{\pi v^2}{2}}\,dv \tag{7}$$

(*) Séance du 17 août 1949.

avec

(8) $$v=\sqrt{-\frac{2\mathrm{B}\omega}{\pi c}}\,u = 2\left|\cos\frac{\varphi}{2}\right| e^{i\frac{\pi+\beta}{2}}\sqrt{\frac{2br}{\lambda}} \qquad \left(\lambda=\frac{2\pi c}{\omega}\right),$$

r et φ étant les coordonnées cylindriques définies par $y=-r\cos\varphi$, $z=-r\sin\varphi$, donc $u=2r\cos^2(\varphi/2)$.

Prenant alors pour la limite inférieure de l'intégrale de Fresnel $v_0=-\infty\, e^{i\frac{\pi+\beta}{2}}$ et posant

(9) $$\mathrm{G}_0=2\int_0^{-v_0} e^{-i\frac{\pi v^2}{2}}\,dv=\text{const.} \qquad \mathrm{G}_1=\int_v^{-v_0} e^{-i\frac{\pi v^2}{2}}\,dv,$$

la fonction G prend, à un facteur constant près, les formes

(10) $$\begin{cases} -\pi<\varphi<+\pi & \left(\cos\frac{\varphi}{2}>0\right) & \mathrm{G}=\mathrm{G}_0-\mathrm{G}_1, \\ \pi<\varphi<3\pi & \left(\cos\frac{\varphi}{2}<0\right) & \mathrm{G}=\mathrm{G}_1. \end{cases}$$

FG_0 représente une onde plane ayant la vitesse de phase $c/\mathrm{ch}\,\xi$, dont la direction de propagation est parallèle au plan $x\mathrm{O}y$ et fait avec $\mathrm{O}y$ l'angle σ. Pour $\xi=0$, l'onde est uniforme; pour $\xi\neq 0$, sa structure est exponentielle.

$\pm\mathrm{FG}_1$ représentent les ondes de diffraction qui sont associées à l'onde plane et se raccordent avec elles sur le demi-plan $\varphi=\pi$.

On a donc en définitive

(11) $$\Psi=e^{i\frac{\omega}{c}(\mathrm{A}x-\mathrm{B}r\cos\varphi)}\mathrm{G},$$

qui montre que, par rapport à l'angle φ, Ψ est une fonction paire de période 4π. La vitesse vibratoire normale au plan φ est $(1/\rho)(\partial\Psi/\partial\varphi)$; c'est donc une fonction impaire de φ, de période 4π.

Superposant alors deux systèmes d'ondes représentés par Ψ, nous formons le système

(12) $$\Psi_1=\Psi(x,r,\varphi-\theta)+\Psi(x,r,\varphi+\theta).$$

La parité et la périodicité de Ψ montrent que $d\Psi_1/d\varphi$ s'annule bien sur les deux faces $\varphi=0$ et $\varphi=2\pi$ de l'écran.

En se reportant aux valeurs de F, G_0, G_1, on voit que Ψ_1 représente :

1° Une onde plane incidente, dont l'incidence est quelconque et donnée par les angles σ et θ;

2° L'onde plane réfléchie sur l'écran ;

3° Les ondes de diffraction associées à ces deux ondes planes.

La validité des formules de Fresnel est donc démontrée.

Pour traiter les problèmes d'états transitoires, on utilisera le calcul symbolique qui conduit à des formules semblables où $i\omega$ est remplacé par la variable symbolique p. L'intégrale de Fresnel prend alors la forme de la Fonction d'erreur intégrale.

OPTIQUE. — *De la photophorèse et d'un effet de la lumière solaire provoquant une rotation de la matière dans le vide.* Note (*) de MM. **Félix Ehrenhaft** et **Ernst Reeger**, transmise par M. Aimé Cotton.

La figure 1 montre comment, à l'aide d'un dispositif déjà décrit [1], on peut observer sur des particules parfaitement dégazées (de graphite par exemple) situées dans des récipients où l'on fait des vides très poussés (pression 5×10^{-6} mm de mercure), le phénomène de la photophorèse et de la rotation de la matière dans la lumière solaire.

1. Dans le cas de la figure 1 on a interrompu la lumière devant l'appareil photographique 2400 fois par seconde, pour mesurer le temps; les autres photographies (*fig.* 2-7) ont été obtenues sans interruption de lumière.

La figure 1 montre entre autres une trace 1 qui, par sa courbure dirigée vers la droite, prouve l'existence de la force photophorétique. De plus, la trace 2 montre l'effet rotatoire de la lumière; les quatre points isolés sont dus aux interruptions du faisceau par l'obturateur, mais les grandes régions sombres visibles sur cette trace prouvent que les particules sont périodiquement hors du champ de l'objectif par suite de leur mouvement de rotation (nombre de tours : 300 par seconde).

2. On a réussi à constater à l'œil nu, par l'observation stroboscopique de particules de graphite entre autres, la fréquence 240 pour le mouvement circulaire sur un cercle de rayon 4.10^{-2} cm à une pression de 10^{mm} de Hg. L'accélération centripète dans le cas qui nous occupe était 75 fois plus élevée que celle de la pesanteur.

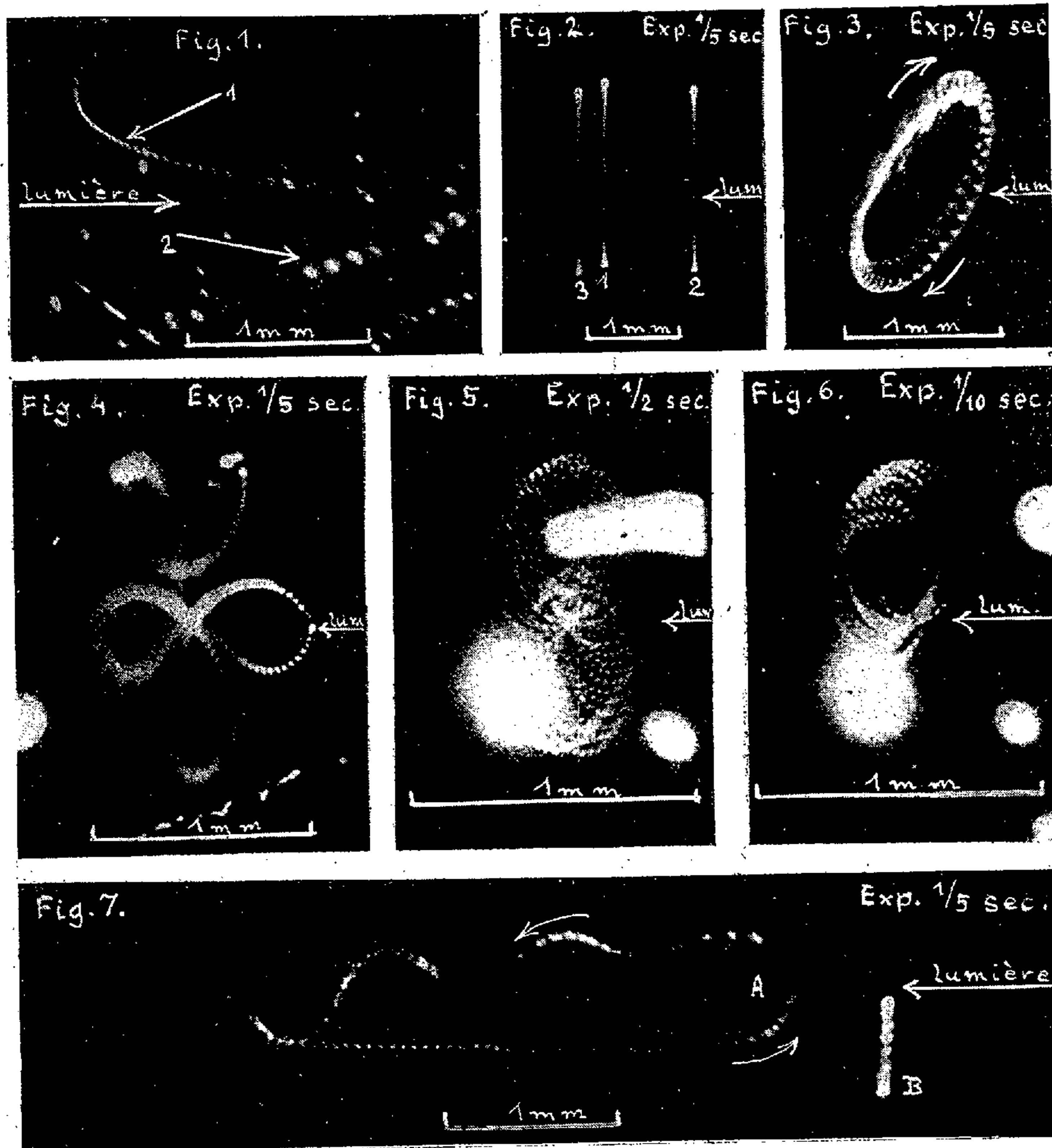
3. La figure 2 de la Note antérieure citée ci-dessus montrait déjà que les particules, décrivant des cercles dans des plans perpendiculaires à la direction des rayons lumineux, peuvent être déplacées vers le foyer lorsqu'on affaiblit l'intensité lumineuse et qu'elles reprennent dans leur nouvelle position, un mouvement circulaire stationnaire analogue. Sur la figure 2 de la Note actuelle reproduisant une photographie prise par M. K. Desoyer dans notre Institut, on voit comment cet effet peut être encore atteint, en établissant un champ magnétique homogène parallèle au faisceau lumineux. Tandis que sans champ magnétique, le cercle occupe la position 1; il prend la position 2 en présence d'un champ homogène (environ 36 gauss) et la position 3 en présence d'un champ de direction SN de même intensité.

4. La figure 3 montre clairement le mouvement hélicoïdal superposé au mouvement circulaire. On compte 8 révolutions par seconde sur la trajectoire circulaire, chacune d'elles comportant 40 *spires* environ.

(*) Séance du 8 août 1949.

[1] *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1708.

5. La figure 4 montre un mouvement épicycloïdal d'une particule de graphite perpendiculairement au faisceau lumineux. Elle effectue un tour complet en 1/5 de seconde comportant 250 spires environ.



6. Les figures 5 et 6 montrent encore des mouvements épicycloïdaux dans des plans perpendiculaires à la direction du faisceau lumineux. La particule de graphite décrit une trajectoire circulaire de rayon 3.10^{-2} cm en 1/150 de seconde environ. Le cercle lui-même effectue un tour complet en une demi-seconde environ. Le mouvement de rotation propre de la particule autour d'un axe qui lui est invariablement lié, ou encore un mouvement hélicoïdal de diamètre très faible, se produit avec la fréquence d'environ 3000 par seconde.

7. La figure 7 montre la trajectoire d'une particule de graphite qui se reproduit exactement de façon périodique, et se déplaçant dans le sens ou en sens inverse du faisceau lumineux. On voit sur cette figure deux trajectoires super-

posées (trajectoires A). A côté on peut apercevoir une trajectoire circulaire stationnaire orientée perpendiculairement au faisceau (trajectoire B).

Les photographies montrent encore une fois que le phénomène de la photophorèse et le mouvement de rotation de la matière provoquée par le rayonnement lumineux ont lieu encore dans les vides terrestres les plus poussés.

Ainsi ces phénomènes font intervenir de nouvelles actions du rayonnement sur la matière, question qui a déjà fait l'objet de maintes publications [2].

PHYSICOCHIMIE. — *La pectine et les agents gélifiants.*
Note (*) de M. **Wladislas Kopaczewski**, présentée par M. Albert Demolon.

Nous avons examiné les conditions de gélification de la pectine, dont l'importance biologique et industrielle est grandissante.

La pectine utilisée provenait des usines *Unipectine* de Zurich. On faisait gonfler pendant 24 heures 1g de cette poudre, légèrement ocrée, dans 100^{cm^3} d'eau distillée; on portait ce mélange au bain-marie durant une heure et, après refroidissement, on le décantait. Cette dispersion contenait 0,3 % de matière sèche. Le mode de préparation, l'origine et les caractères physicochimiques de tous les autres réactifs ont été donnés dans une Note précédente [1].

1. *Gélification de la pectine par la « pectase ».* — L'extrait de feuilles de luzerne fraîchement récoltées additionné de toluène reste actif pendant une dizaine de jours; la purification par floculation avec de l'éthanol affaiblit son pouvoir gélifiant, surtout lorsqu'on procède à sa dessiccation sur des plaques de porcelaine poreuse. L'extrait frais en concentration finale de 0,5 % (0,0033 % de matières sèches) gélifie la dispersion de pectine en 360 heures et celle de 5 %, instantanément.

Les résultats que nous avons obtenus concernant l'action aspécifique de divers ferments gélifiants [1] nous ont suggéré l'idée d'étudier celle de la *pectase* sur les biocolloïdes autres que la pectine.

2. *Action de la* pectase *sur des bicolloïdes gélifiables.* — Nous avons déjà vu que l'extrait de feuilles de luzerne gélifie le *lait* de vache [2]; $0^{cm^3},3$ ajouté au *sang humain* veineux ($2^{cm^3},75$) en retarde la gélification de 20 mn. Il faut, toutefois, rappeler que cet extrait est relativement riche en vitamine K, dont le rôle antigélifiant est admis.

3. *Action des diverses* coagulases *sur la pectine.* — La *présure* et la *thrombase* n'ont aucune action apparente sur les dispersions de pectine. Mais, étant donné

(2) *Ann. der Phys.*, 56, 1918. p. 81; *Ann. de Phys.*, 13, 1940, p. 151; *Journ. Frank. Inst.*, 230, 1940, p. 381; 233, 1942, p. 235; *Science*, 101, 1945, p. 676; *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1100 et 1345.

(*) Séance du 17 août 1949.

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 388.

(2) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 498.

le pouvoir gélifiant direct de certains cations polyvalents signalé par nous en 1924 ([3]), auxquels nous ajoutons la soude caustique, l'éthanol absolu et l'acide lactique, nous nous sommes demandé si la présence de ferments gélifiants, autres que la *pectase*, ne modifie en rien cette gélification.

Voici les faits :

Agents gélifiants.		Ferments.		Temps de gélification (20° C).
NaOH	0,05 à 0,1 %......	Présure	10 %	Coagulation avec sédimentation lente, sans gélification
C_2H_5—OH	4,75	»	15 %	Pas de gélification après 15 jours
NaOH	0,1	Thrombase	2,5 %	Gel en 8 jours
»	0,12	»	»	Gel en 11 jours
»	0,14	»	»	Pas de gélification en 15 jours
$CuCl_2$	0,68	»	0,5	Gel instantané, liquéfié en 24 heures
»	»	»	1,0	Gel partiel, liquéfié en 24 heures
»	»	»	1,5	Épaississement
»	»	»	2,5	Épaississement
»	»	»	5,0	Pas de gélification

Les ferments gélifiants en question ne sont pas les seuls agents qui empêchent la gélification de la pectine par les substances étudiées : de nombreuses substances chimiques ont cette propriété (hyposulfite de Na, chlorure de Hg, vitamine K, liquoïde, urée, etc.), notamment celles qui stabilisent d'autres biocolloïdes, notamment le sang, le latex, le lait, etc., ainsi que cela résulte de nos recherches antérieures ([4]).

Par contre, le latex d'*Euphorbia dendroïdes* qui se conserve sous forme liquide au delà de 60 jours, à la température ambiante, gélifie la pectine :

Doses pour 2 cm³ de pectine (en cm³).		Gélification en heures (15° C).
Latex conservé 30 jours	0,1	Coagulation hétérogène en 24 heures
» »	0,2	Gel hétérogène en 2 heures
» »	0,4	Gel homogène en 1 heure
Latex conservé et filtré	0,2	» 18 heures
» »	0,4	» 8 heures 30
Latex bouilli 5 minutes	0,1–0,4..........	Floculation après 24 heures

Il semble donc que cette gélification est due à la présence d'un agent thermolabile, filtrable.

Conclusions. — 1° La pectine est gélifiée non seulement par l'extrait des feuilles de luzerne (*pectase*), mais aussi par le latex d'*Euphorbia dendroïdes* (*coalase*).

2° La pectine est gélifiée par divers cations polyvalents, par la soude caustique, par l'éthanol absolu, par l'acide lactique, etc.

([3]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 7, 1924, p. 419.
([4]) *Physico-chimie du Lait*, Paris 1949.

3° L'extrait de feuilles de luzerne (*pectase*) gélifie le lait de vache, mais retarde légèrement la gélification du sang.

4° Les fermants gélifiants, tels que la *thrombase* et la *présure* retardent la gélification de la pectine par les substances chimiques.

5° Diverses substances chimiques peuvent également retarder la gélification de la pectine, aussi bien par la *pectase* que par les agents chimiques; les mêmes stabilisent certains latex instables, le sang humain et le lait de vache.

MINÉRALOGIE. — *Nouvelles transformations par voie électrolytique de quelques sulfures et sulfosels naturels dans des solutions de sulfate de cuivre et d'argent.* Note de M. **Jean Prouvost**, présentée par M. Charles Mauguin.

Précédemment j'ai décrit les premières transformations de sulfures métalliques obtenues par voie électrolytique; c'est ainsi qu'avec une solution de sulfate de cuivre j'ai réalisé le passage de la galène, de la pyrite et de la chalcopyrite à la chalcocite ou à la covellite ([1]). Toujours avec le même électrolyte, j'ai tenté de réaliser de nouvelles modifications :

En utilisant un autre sulfure, celui de nickel NiS, la millérite, j'ai été conduit à un résultat qui paraît analogue; dans ce cas le produit de néoformation qui rappelle la covellite par son aspect, disparaît très rapidement.

Une expérience identique a été faite en utilisant comme minéral originel un sulfure plus complexe, la bornite FeS_4Cu_5. Ce sulfosel s'altérant facilement en covellite on pouvait escompter une modification facile, en effet, en maintenant pendant 8 jours dans une solution de sulfate de cuivre sous une tension de 1,4 volt, une section de ce minéral, on observe à l'œil nu une transformation superficielle en chalcocite. Après avoir éliminé par polissage le dépôt électrolytique de cuivre assez adhérent, l'examen microscopique confirme ce diagnostic. Un fragment témoin provenant du même échantillon de minerai et fixé dans l'isolant, mais en dehors du circuit électrique, n'a pas été modifié par action purement chimique de l'électrolyte. Dans tous ces essais, les deux minéraux de néoformation sont des sulfures de cuivre, c'est-à-dire des corps composés d'éléments contenus dans l'électrolyte.

Pour vérifier qu'il s'agit bien cependant d'une interaction du minéral et du métal de la phase liquide, j'ai essayé de transformer la pyrite dans une solution de chlorure de cuivre Cl_2Cu. Le dispositif fonctionnait sous une tension de 1,4 volt et l'électrolyte était maintenu à la température ordinaire. Au bout de 8 jours une mince couche du cristal était transformée en chalcocite; la vérification en a été faite au microscope métallographique polarisant.

Me laissant guider par des considérations d'ordre chimique (tableau de

---

([1]) *Comptes rendus*, 17 janvier 1949, p. 255.

Mendeleieff), j'ai, dans les expériences suivantes, tenté de remplacer le cuivre par l'argent malgré la faible électropositivité de ce métal, ce qui rend plus difficile son entrée en combinaison; en effet :



$$Ag^{+} + e \rightarrow Ag + 0{,}81 \text{ volt},$$

alors que pour le cuivre la f. é. m. nécessaire n'est que de 0,34 volt.

J'ai choisi comme sel le sulfate d'argent SO_4Ag_2, quoique sa solubilité soit faible, $10^{-1,3}$. Bien entendu l'électrode employée était constituée par ce même métal.

La chalcocite Cu_2S et la covellite CuS ont été traitées ainsi pendant 8 jours sous une tension de 1,4 volt. Le premier minéral présente alors une surface dont le poli a disparu et qui de plus apparaît fortement altérée ([2]). Il faut polir à nouveau pour constater qu'aucune transformation proprement dite n'a lieu, mais que des filaments d'argent natif se sont introduits dans le minéral.

Tout autre est le comportement de la covellite dans ces conditions : son aspect mascroscopique est totalement différent.

Après polissage, on obtient une surface favorable à l'observation en lumière réfléchie, la section est devenue d'un blanc grisâtre et n'agit que très faiblement sur la lumière polarisée entre nicols croisés. Le pouvoir réflecteur du nouveau composé est assez faible et ces divers caractères permettent de rapprocher la substance formée de la stromeyerite $(CuAg)^2S$. De plus ce sulfure renferme quelques fines veinules d'argent. Il est intéressant de remarquer que certains minerais complexes cuproargentifères du Pérou sont caractérisés par l'association fréquente de la stromeyerite et de l'argent natif ([3]). On est alors conduit à envisager que cette association aurait pu prendre naissance à partir de la covellite au cours d'une venue argentifère supergène.

En résumé ces essais fournissent des données dont il y aurait sans doute lieu de tenir compte pour l'analyse du mécanisme des transformations subies par les minéraux sulfurés dans la zone de cémentation aboutissant à la production de sulfures de cuivre (chalcocite ou covellite) et, dans le cas d'une minéralisation primaire cuproargentifère, à la formation d'argent natif et de sulfures doubles de cuivre et d'argent, par exemple de stromeyerite.

([2]) Dans ce cas comme dans le suivant, l'Ag, métal formé par réduction électrolytique au contact de la cathode, tombe au fond du vase.

([3]) *Cf.* J. Orcel et G. Rivera Plaza, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 181.

PÉDOLOGIE. — *Nouvelles preuves de l'état complexe du fer dans les eaux de drainage.* Note de M. **Étienne-Marcel Bastisse**, présentée par M. Raoul Combes.

Dans une série de Notes antérieures ([1]) nous avons eu l'occasion de montrer qu'il était possible de préparer des complexes colloïdaux en utilisant de nombreux métaux protégés par la silice. Ces résultats ont été obtenus en particulier avec le fer aussi bien à l'état ferreux qu'à l'état ferrique. Ces complexes ont pu être obtenus également en utilisant de nombreux anions protecteurs. Nous n'exposerons ici que les résultats concernant le comportement de ces complexes à l'électrophorèse, puisqu'il permet de décider d'une manière définitive de l'état complexe du métal dans la combinaison considérée.

Les expériences que nous allons relater portent soit sur les complexes préparés au laboratoire, soit sur des solutions naturelles comme les eaux de drainage. Le dispositif expérimental utilisé comprend un tube en U divisé en 3 compartiments à l'aide de 2 robinets rodés. On peut ainsi isoler 3 fractions, dans lesquelles nous avons déterminé le fer colorimétriquement par la méthode au sulfocyanure après destruction du complexe par ébullition avec HCl.

Les complexes étant susceptibles d'évoluer au cours des manipulations telles que la floculation ou la dialyse, il n'est pas possible de séparer la fraction complexe elle-même des électrolytes qui se sont constitués dans la solution lors de sa préparation. Le phénomène d'électrophorèse d'une telle solution n'est donc pas un phénomène simple; non seulement les anions complexes vont migrer, mais également les anions non complexes présents dans la solution. Il s'ensuit que anions et cations vont s'accumuler dans les compartiments 1 et 3 dont ils feront varier le pH, ce qui peut amener une dislocation des substances présentes. L'électrophorèse d'une pseudo-solution relativement concentrée présente de ce fait un comportement anormal conduisant fréquemment à un appauvrissement des compartiments 1 et 3 en éléments complexes avec formation de floculats dans le compartiment intermédiaire 2.

L'expérience nous a montré que le phénomène redevient normal avec des solutions suffisamment diluées, par exemple pour une concentration de 100^{mg} de fer par litre. Partant d'une telle solution et pour un temps de 15 minutes, nous avons obtenu les résultats suivants exprimés en milligrammes de fer par litre :

([1]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 293; **215**, 1942, p. 188; **224**, 1947, p. 212.

Anions protecteurs.	Compartiment 1 (pôle négatif).	Compartiment 2 (intermédiaire).	Compartiment 3 (pôle positif).
Silicique	70	105	120
Phosphorique	50	110	120
Borique	55	105	115
Humiques	65	105	110
Oxalique	60	105	115
Tartrique	60	105	115
Citrique	60	110	115
Gallique	65	110	115
Salicylique	60	110	115
Benzoïque	60	105	115

On constate que dans tous les cas il y a appauvrissement en fer du compartiment du pôle négatif, ce qui montre bien que le fer est complexé. L'enrichissement du compartiment du pôle positif, qui est net en de nombreux cas, est cependant moins marqué que l'appauvrissement du précédent, ce qui est imputable à l'effet que nous avons décrit. Le caractère électro-négatif de nos complexes est ainsi démontré. Les résultats obtenus avec diverses eaux de drainage et exprimés en gamma de fer par litre sont les suivants :

	Compart. 1 (pôle négatif).	Compart. 2 (interméd.)	Compart. 3 (pôle positif).
Horizon A. Terre nue	10	30	70
» A. » » + paille	5	30	60
» A. » cultivée	10	30	60
» A. » » + paille	10	30	70
» B. » nue	10	50	100
» C. » »	10	40	80
Terre granitique nue	5 / 10	30	50

Nous constatons ici encore le caractère complexe du fer qui cette fois est prouvé aussi bien par l'appauvrissement du compartiment du pôle négatif que par l'enrichissement du compartiment du pôle positif. Ce résultat est donc tout à fait analogue à celui qui a été obtenu avec les complexes artificiels, et ceci ne surprendra pas puisque nous avons fait figurer dans ces derniers les anions silicique, phosphorique, humique et quelques anions organiques qui sont normalement les agents complexants dans le milieu naturel.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les fréquences des vents dont la vitesse a dépassé une valeur donnée d'après les observations de Casablanca.* Note de M. **Charles Bois**, transmise par M. Charles Maurain.

A l'aide des inscriptions de l'anémomètre Papillon de la station météorologique de Casablanca, nous avons déterminé les moyennes horaires de la vitesse

du vent pour une période de 12 années. Nous avons ensuite calculé les fréquences des vents pour les diverses valeurs de la vitesse classées m/s par m/s, en laissant toutefois de côté les vitesses inférieures à 3 m/s; puis nous avons déterminé les fréquences des vents dont la vitesse a dépassé une valeur donnée. On obtient de la sorte une courbe assez régulière; on peut donc se proposer de représenter la variation de la fréquence f en fonction de la vitesse v. Nous poserons d'abord

$$f = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{z}^{\infty} e^{-z^2}\, dz,$$

ce qui revient à admettre qu'il existe une fonction z de v se conformant à la loi de Gauss. Les valeurs numériques de z correspondant aux diverses valeurs de f se calculent aisément au moyen des tables de l'intégrale bien connue

$$\Theta(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{0}^{x} e^{-x^2}\, dx.$$

Ces valeurs étant obtenues, l'expression de z en fonction de v peut être déterminée, soit graphiquement, soit par le calcul. Après divers essais, nous avons adopté la formule suivante :

$$z = av^2 + bv + c,$$

où a, b et c sont des constantes. D'après les données de Casablanca, on obtient

$$z = -0,007v^2 + 0,304v - 0,932.$$

Nous indiquons ci-dessous les fréquences o/oo tirées des diagrammes et les valeurs calculées d'après la formule :

v (m/sec)	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
f observées	548	401	280	185	114	67	39	23	14	8
f calculées	546	404	279	182	114	68	40	23	14	8
Écart relatif (%)	0	1	0	2	0	1	3	0	0	0

L'écart relatif moyen est 1 %; l'accord est donc satisfaisant. Nous avons effectué des calculs analogues pour neuf autres stations du Maroc. Malheurement nous ne disposons pas des mêmes durées d'observations; les résultats ne sont donc pas comparables. Nous nous bornerons à indiquer que pour six stations (Casablanca, Agadir, Le Touahar, Oujda, Marrakech, Meknès), l'écart relatif moyen ne dépasse pas 5 %. Pour les autres postes (Tanger, Rabat, Fès, Mogador), l'écart relatif moyen varie de 10 à 13 %. On obtiendra vraisemblablement des résultats plus concordants lorsqu'on disposera d'une série d'observations suffisamment longue.

Ces travaux ayant été entrepris en vue de l'étude de l'énergie éolienne, il nous a paru intéressant de chercher à représenter la variation de la fréquence

en fonction de l'énergie disponible. La puissance totale transportée par le vent est

$$W = \frac{1}{2}\rho S V^3$$

pour une surface donnée S, V étant la vitesse du vent et ρ la masse spécifique de l'air. On admet généralement que la puissance récupérable par une éolienne est égale aux 16/27 de cette valeur (¹). La justification théorique de ce coefficient pourrait être discutée, néanmoins, nous le conserverons comme base de calcul. Dans ces conditions, v étant la vitesse moyenne horaire du vent en mètres par seconde, l'énergie récupérable sera

$$E = 0,37\, v^3,$$

E étant exprimée en watts-heure par mètre carré de surface exposée au vent. Il s'agit de déterminer une relation entre z et E. La formule qui paraît le mieux convenir est celle de Gibrat (dite de l'effet proportionnel) (²)

$$z = a \log(E - E_0) + b,$$

où a, E_0 et b sont des constantes. Pour Casablanca, on obtient

$$z = 1,25 \log(E + 15) - 1,826.$$

Les valeurs observées et les valeurs calculées sont indiquées ci-dessous :

v(m/sec).........	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
E (W/h par m²)...	10.	24.	46.	80.	127.	189.	270.	370.	492.	640.
f observées.........	548	401	280	185	114	67	39	23	14	8
f calculées..........	544	409	283	180	111	67	39	23	14	8
Écart relatif (%)....	1	2	1	3	3	0	0	0	0	0

L'écart relatif moyen est 1 % ; l'accord est donc satisfaisant. Des calculs analogues ont été effectués pour les autres postes. Dans six cas (Casablanca, Meknès, Fès, Oujda, le Touahar, Agadir), l'écart relatif moyen ne dépasse pas 5 %. Pour les autres (Rabat, Marrakech, Tanger, Mogador), l'écart relatif moyen varie de 6 à 8 %. En général l'accord est donc suffisant. Mais tous ces calculs devront être repris lorsqu'on disposera d'une série d'observations suffisamment longue.

(¹) P. Ailleret, *L'énergie éolienne* (*Revue générale d'Électricité*, 55, Paris, 1946, p. 303.)

(²) R. Gibrat, *Aménagement hydroélectrique des cours d'eau. Statistique mathématique et calcul des probabilités* (*id.*, 32, Paris, 1932, p. 493 et 525).

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Enregistrement des atmosphériques à bord du* Commandant Charcot. Note de MM. **Robert Bureau** et **Michel Barré**, présentée par M. Pierre Lejay.

A l'occasion du voyage vers la Terre Adélie du *Commandant Charcot*, commandé par le Capitaine de frégate M. Douguet, au cours de l'été austral 1948-1949, le niveau moyen des atmosphériques a été enregistré en permanence, à bord de ce bâtiment, sur la fréquence de 27 kc/sec (11 000^m).

Le trajet du voyage a été le suivant :

Décembre 1948 : Brest-Casablanca-Durban par le Cap de Bonne Espérance.
Janvier 1949 : Durban-Hobart sur le 43e degré de latitude Sud.
Février 1949 : Hobart-Terre Adélie et croisière devant la côte Antarctique.
Mars 1949 : Iles Balleny-Ile Macquarie-Hobart.
Avril 1949 : Hobart-Melbourne-Fremantle.
Mai 1949 : Fremantle-Aden-Djibouti-Suez.
Juin 1949 : Suez-Bizerte-Brest.

On savait déjà que la répartition mondiale des grands foyers continentaux (¹) commande pour une large part la forme des enregistrements d'atmosphériques sur cette onde en Europe et en Afrique du Nord, y compris le Sahara (²). D'autre part, les résultats obtenus par le *Bougainville* (³) avaient donné de précieuses indications dans le même sens à la suite d'une croisière dans les archipels austraux. Le *Commandant Charcot* étend l'expérience à des régions beaucoup plus éloignées.

De l'abondante documentation ainsi recueillie, on peut dès maintenant signaler quelques traits essentiels :

On retrouve en général une variation quotidienne caractérisée par un maximum d'après-midi et un maximum nocturne. Ce dernier étant encadré le plus souvent par des montées ou des descentes rapides attribuables à la différence des portées des atmosphériques entre le jour et la nuit. Ces discontinuités crépusculaires faciliteront la recherche des foyers mondiaux principaux. Une telle étude est en cours.

Nous voudrions en outre attirer l'attention sur trois autres points :

1° La comparaison des courbes du *Commandant Charcot* et de Paris (Bagneux L. N. R.) présente des similitudes remarquables même pour les

---

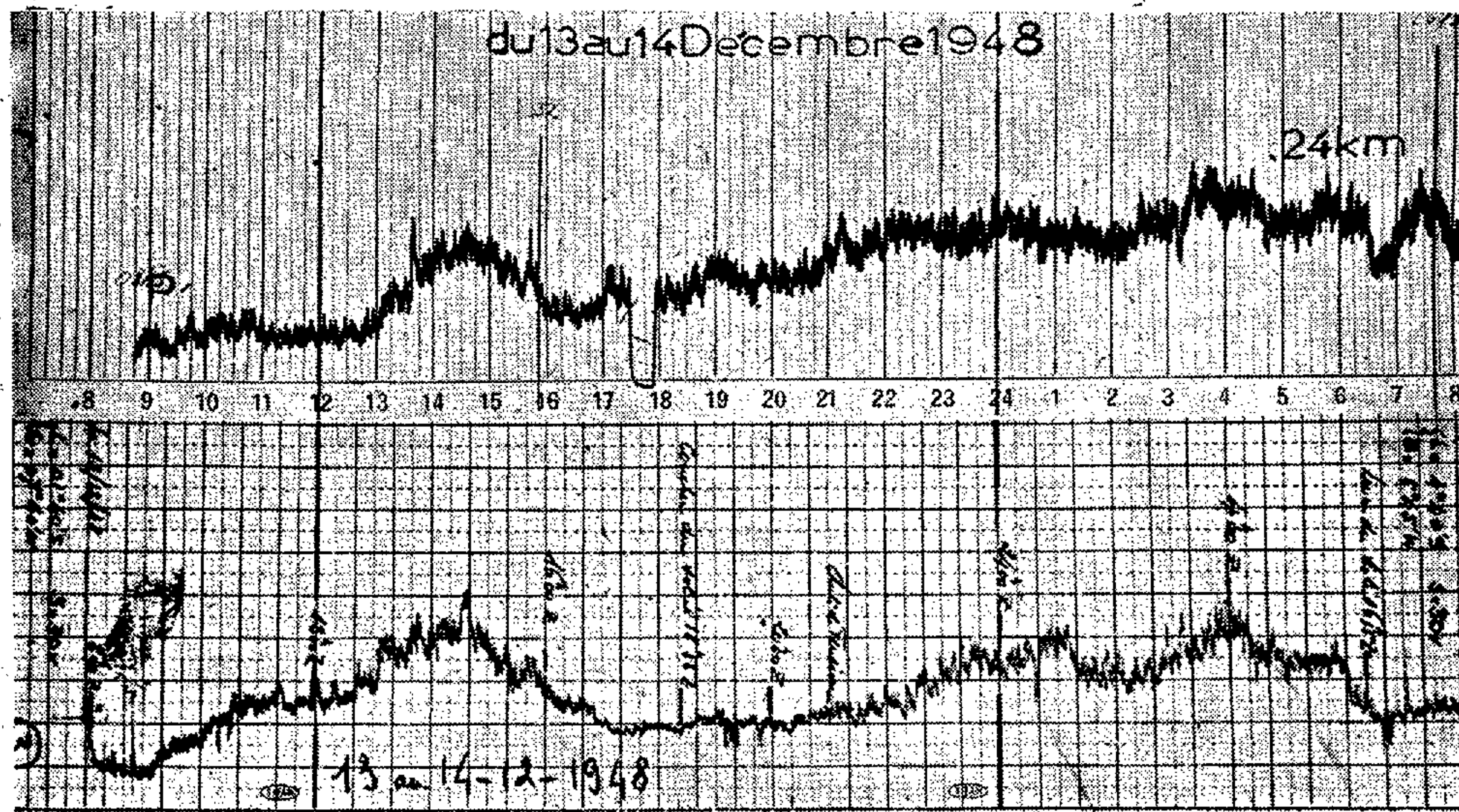
(¹) R. Bureau, *Les foyers d'atmosphériques* (*Mémorial de l'Office National Météorologique de France*, n° 25, 1936).

(²) R. Bureau et R. Failletaz, *Les atmosphériques pendant l'année polaire* 1932-1933 (t. III de l'*Année Polaire Internationale* 1932-1933).

(³) R. Bureau et M. Douguet, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 117.

atmosphériques diurnes, et cela pour les distances de l'ordre de 2500 à 5000^{km} (Agadir à l'aller et Perim au retour).

Au delà ce sont les enregistrements sur 12,5 kc/sec (24^{km}) de Bagneux qui se rapprochent le plus de ceux du *Commandant Charcot*. Ainsi la figure corres-



En haut : Bagneux L. N. R. (24 000^{m}).

En bas : Commandant Charcot (11 000^{m}) — 01°40' S — 07°40' W.

pondant aux enregistrements du 13 décembre 1948, le *Commandant Charcot* étant au Sud de l'équateur à plus de 6000^{km} de Bagneux, montre que les deux courbes sont encore presque superposables sur les 24 heures de la journée.

2° Le maximum d'après-midi est parfois assez bien dessiné pour que l'on puisse chercher à l'attribuer à des foyers continentaux où la convection est considérable, ce qui entraîne un maximum d'orages aux environs de 15 heures du temps local (en particulier foyers sud-africains à l'aller, foyers d'Indonésie et de Malaisie au retour et peut-être aussi foyers australiens).

3° Des perturbations ionosphériques à début brusque (P. I. D. B.) ont été enregistrées à diverses reprises et notamment près du Cap, au Sud de l'Australie et dans l'Océan Indien. Quand il faisait jour à la fois en France et sur le *Commandant Charcot*, il y a eu plusieurs cas de synchronisme du renforcement brusque à Bagneux et sur le *Commandant Charcot*. Quand les heures de jour communes étaient rares, la même P. I. D. B. ne pouvait être enregistrée à la fois aux deux endroits; mais, même alors, les P. I. D. B. observées en France et sur le *Commandant Charcot* se groupaient par dates, mettant en évidence les manifestations successives d'une même série d'éruptions chromosphériques solaires. 28 P. I. D. B. ont été relevées sur le *Commandant Charcot* dont les suivantes,

définies par la date et l'heure de début du renforcement brusque, sont communes au bâtiment et à Bagneux : 9-12-48 (1150); 23-12-48 (1214); 24-12-48 (1640); 18-1-49 (0940); 12-2-49 (0740); 10-4-49 (0607); 7-5-49 (1045).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la grande sensibilité du test « vrille » à l'hétéroauxine.* Note de M. **François Nysterakis**, présentée par M. Raoul Combes.

La Vigne est très sensible à l'acide indol-β-acétique, puisque $0^{mg},015$ de cet acide par litre d'eau provoque de profondes perturbations dans sa croissance. J'ai signalé en outre que ses vrilles permettent de déceler la présence de la substance de croissance excrétée par certains insectes dans les organes des végétaux qu'ils piquent ([1]).

Il importait : 1° de préciser si l'acide indol-β-acétique détermine sur les vrilles la même réaction que la substance trouvée dans le corps de l'insecte étudié, substance que j'ai cru pouvoir identifier à cet acide; 2° dans l'affirmative, d'indiquer le seuil de sensibilité de ces organes à l'hétéroauxine.

A cet effet, des pâtes de lanoline auxinée contenant 10^{-3} à 10^{-25} d'acide indol-β-acétique ont été préparées à plusieurs reprises en 1947, 1948 et 1949. Différents procédés ([2]) ont été utilisés pour s'assurer de la répartition régulière de l'acide dans l'excipient. De petites boules de 50^{mg} environ, correspondant à chacune des concentrations d'hétéroauxine, ont été appliquées unilatéralement sur l'une des ramifications de vrilles bifurquées en voie de croissance et parfaitement droites; l'autre ramification recevait la même quantité de lanoline pure.

J'ai traité ainsi des vrilles de plusieurs cépages et des vrilles d'hybrides producteurs directs à la fois en plein air et au laboratoire où, après chaque expérience, étaient apportées en chambre noire, à température et humidité constantes, un certain nombre de vrilles détachées du pied expérimenté; la base de ces vrilles était maintenue dans des tubes paraffinés contenant de l'eau.

([1]) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 54-56 et 226, 1948, p. 1917-1919.

([2]) A. On mélange 5^{g} de lanoline à 50^{mg} d'hétéroauxine très finement pulvérisée; après trituration pendant 45 minutes toutes les 5 à 6 heures et à quatre reprises, on ne distingue plus de cristaux au microscope. En triturant comme précédemment 1/10 de cette pâte-mère avec 9/10 de lanoline et ainsi de suite à partir de la concentration précédente, on obtient les préparations désirées.

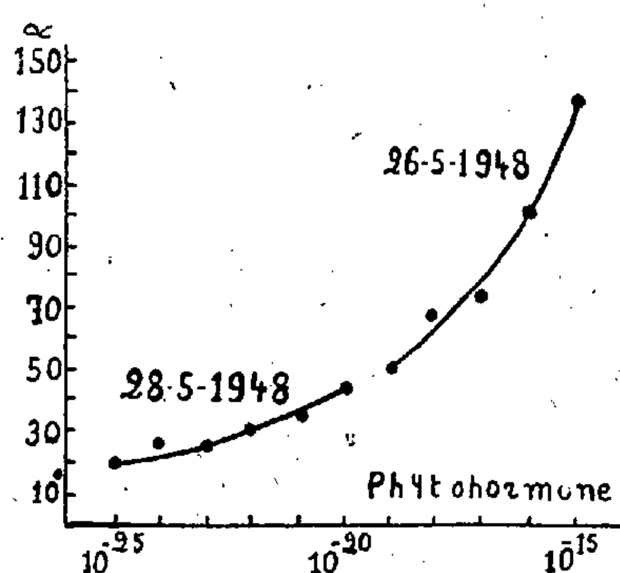
B. Même opération, mais les triturations se font à la température de 40°.

C. La pâte-mère se prépare en mélangeant à parties égales de la lanoline à une solution aqueuse d'hétéroauxine à 2/00 bien chaude. Pour les pâtes suivantes, on se sert de *lanoline + eau* à parties égales et l'on triture pendant 20 minutes à la température de 50°.

Des essais comparatifs ont montré que les trois procédés A, B et C donnent des résultats identiques et que la répartition de l'acide dans la lanoline est parfaitement homogène.

J'ai fait varier la température et le degré d'humidité et choisi les vrilles aux divers moments de leur cycle végétatif. Mon but était de préciser les facteurs pouvant influencer le déclenchement d'une courbure.

Le temps nécessaire au déclenchement peut varier d'un quart d'heure à plusieurs heures; seules les ramifications portant la lanoline auxinée réagissent aussi bien en chambre noire que dans la nature.



L'intensité de la réaction est fonction de plusieurs facteurs qui seront étudiés dans une prochaine Note. Je me bornerai aujourd'hui à indiquer les faibles doses d'hétéroauxine qui, dans des conditions favorables, accélèrent la courbure.

La courbe ci-jointe indique l'angle moyen, pour chaque concentration, calculé sur 50 vrilles ([3]) introduites dans la chambre noire à 23° C et à 95 % d'humidité, les mesures effectuées trois heures après le traitement. On constate que la courbure n'est pas proportionnelle à la concentration de la substance active. Cette observation peut être faite déjà une heure après la mise en expérience; et l'on peut penser qu'elle résulte de la difficulté qu'on éprouve à réunir pour chaque expérience un nombre très élevé de vrilles identiques à tous points de vue.

Quoi qu'il en soit, une dose de 10^{-25} provoque déjà une courbure de 20°; cette dose elle-même ne peut pas être considérée comme le seuil de sensibilité, des doses plus faibles n'ayant pu être utilisées.

On doit conclure de cette étude : 1° que les vrilles de la Vigne se courbent en présence de l'hétéroauxine, comme en présence de la substance trouvée dans le corps de l'insecte précédemment étudié; 2° que la courbure est provoquée par des doses d'hétéroauxine très inférieures à celles que nécessitent les expériences

---

([3]) Il est indispensable d'opérer sur un grand nombre de vrilles, pour diminuer l'erreur due au choix des objets d'expérimentation dans une population où il est toujours difficile d'apprécier leur âge réel et leur âge physiologique.

sur le coléoptile d'avoine par exemple; 3° que l'hétéroauxine enfin agit à des doses sans doute inférieures à une concentration de 10^{-25}, et en tous cas n'ayant pu être décelées quantitativement au cours de nos expériences.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur la néoformation de bourgeons chez le tissu cambial d'*Ulmus Campestris *cultivé* in vitro. Note de M. **Clément Jacquiot**, présentée par M. Raoul Combes.

Le premier R. J. Gautheret avait signalé l'apparition rapide de bourgeons sur les fragments de tissu cambial d'*Ulmus campestris* cultivé *in vitro*. Il avait étudié d'une façon complète, du triple point de vue anatomique, cytologique et physiologique, les particularités de ces ébauches de tiges feuillées et les conditions de leur formation et de leur développement. Ce phénomène semble absolument constant chez cette essence, et mes diverses séries de cultures, effectuées suivant la méthode de Gautheret pendant la période où il est possible de séparer le liber du bois (de la fin d'avril à la fin de juillet), ont immanquablement produit des bourgeons évoluant en pousses feuillées. C'est généralement au bout de 10 à 15 jours après le prélèvement que les premiers bourgeons apparaissent. Leur densité est de l'ordre de 2 à 3 au centimètre carré pour un milieu à 2 % de glucose. Par contre, ces cultures, non plus que celles d'aucun tissu cambial d'arbre, n'ont jamais produit de racines.

J'ai procédé à des expériences portant sur les questions suivantes :

1° Comportement du cambium prélevé non plus sur le tronc, mais sur une racine de l'arbre.

2° Comportement du cambium prélevé en hiver.

Première question. — Deux expériences ont été réalisées. Le milieu de culture utilisé était conforme à la formule B de Gautheret (solution de Knop diluée de moitié, glucose 2 %, gélose 1,3 %); le premier prélèvement avait été pratiqué le 11 mai sur une grosse racine d'un orme âgé d'environ 180 ans et à 20^{cm} de profondeur; les témoins étant prélevés sur le tronc à $1^{m},30$ du sol. Le comportement des deux séries de cultures à été identique. Il est apparu dans les mêmes délais, sur le cambium de racine et sur le cambium de tige, le même nombre de bourgeons par unité de surface.

La deuxième expérience portait sur un orme d'une soixantaine d'années. Les prélèvements eurent lieu le 26 juin, d'une part sur le tronc à $1^{m},30$ du sol et d'autre part sur une racine de 4^{cm} de diamètre, à une soixantaine de centimètres du pied de l'arbre. Les résultats ont été les mêmes que pour la première expérience. Toutefois le cambium de racine a fourni une densité de bourgeons particulièrement élevée (jusqu'à 25 au centimètre carré). En aucun cas il n'est apparu de racines.

Deuxième question. — Des cultures ont été effectuées suivant la méthode de Giœlli, chaque fragment comportant alors un feuillet de bois et un feuillet de

liber encadrant le cambium. Les fragments avaient été prélevés sur un orme d'environ 120 ans, abattu le 10 février. Les milieux utilisés étaient, d'une part, le milieu formule B de Gautheret ci-dessus et, d'autre part, le même milieu additionné de panthoténate de calcium à la concentration 10^{-6}.

Tous les fragments, au nombre de 60, ont produit des masses volumineuses de tissu néoformé, tant à partir du liber qu'à partir du cambium. L'action excito-formatrice de l'acide panthoténique était décelable mais peu accentuée.

Aucune des cultures n'a donné de bourgeon. — Afin de vérifier si ce résultat ne serait pas dû à une corrélation d'inhibition exercée par les tissus ligneux, les expériences de contrôle suivantes ont été réalisées :

a. Cultures suivant la méthode de Giœlli de fragments prélevés le 7 août (sur milieu B). Dès le 19 août des bourgeons sont apparus sur les bourrelets de tissu néoformé, à raison de 3 à 4 bourgeons au centimètre linéaire.

b. Une section, longue de 40^{cm}, d'une racine de 4^{cm} de diamètre, placée sans précautions spéciales dans un cristallisoir rempli d'eau ordinaire, de manière que seule une partie soit immergée, a produit au bout d'une dizaine de jours, partout où le cambium avait été sectionné, de nombreux bourgeons qui ont évolué en tiges feuillées. De plus il apparaît sur la partie immergée des massifs de tissu néoformé, à caractères de pseudo-thalles, qui font éclater le liège.

c. Des rondelles de 3^{cm} environ d'épaisseur, découpées dans le tronc d'un orme, ont été placées dans des couvercles de boîtes de Petri de manière à être à demi immergées. Au bout de 15 jours un bourrelet de tissu formé par le cambium était visible sur la face émergée. Le 18e jour des bourgeons sont apparus sur ce bourrelet.

Conclusions. — 1° En ce qui concerne la néoformation de pousses, les propriétés des tissus secondaires de la tige et de la racine d'*Ulmus campestris* sont, au moins qualitativement, identiques.

2° Le cambium de cette essence prolifère en plein hiver, les conditions expérimentales étant identiques, aussi activement que pendant la période normale d'activité de la végétation, dès lors qu'il est soumis à une température suffisante.

3° Le cambium de cette essence donne régulièrement des bourgeons au printemps et en été. Au contraire, les conditions expérimentales restant les mêmes, il ne se forme aucun organe en hiver.

Ce dernier résultat peut faire supposer l'existence d'une substance ayant la propriété de déclencher l'organisation de méristèmes de tige et qui ne serait présente à dose efficace dans le tissu cambial ou les tissus adjacents que pendant la saison normale d'activité de la végétation.

La séance est levée à $15^h 35^m$.

R. C.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AOÛT 1949.

L'Asepsie. Étude documentaire et bibliographique sur l'asepsie chirurgicale, par MAURICE TERRILLON. Paris, Masson, 1949; 1 vol. 19cm (présenté par M. R. Leriche).

Memento de poche et clé universelle de conversion des unités électriques et mécaniques Giorgi (M. K. S. A.), par MAURICE DENIS-PAPIN et A. KAUFMANN. Paris, Desforges, 1949; 1 vol. 16cm.

L'aide alimentaire à la jeunesse belge pendant la guerre. Ses répercussions, par CORNEILLE HEYMANS. Extrait de *Médecine et Biologie. Enseignements de la guerre* 1939-1945 *dans le domaine de la nutrition.* Un symposium tenu sous la présidence d'E. J. Bigwood dans le cadre du VIIe Congrès de Chimie biologique. Liége, 3-6 octobre 1946; 1 fasc. 19cm.

Influence de la tubocurarine sur la circulation sanguine, par CORNEILLE HEYMANS. Extrait du *Bulletin de l'Académie royale de médecine de Belgique.* T. IX, n° 9, 1946. — *Hémorragie, transfusion sanguine et homéostasie de la pression artérielle,* par CORNEILLE HEYMANS et J. VERSTRÆTE. Idem T. XIII, n° 3, 1948. Bruxelles, Imprimerie médicale et scientifique, 2 fasc. 24cm.

Contributions à l'étude de l'apnée acapnique chez le chien. Rôle des chémo- et pressorécepteurs sino-carotidiens et cardio-aortiques, par CORNEILLE HEYMANS et J. JACOB. Extrait des *Archives internationales de pharmacodynamie et de thérapie.* Vol. LXXV, Fasc. 2, 1er novembre 1947. — *Actions pharmacologiques de l'ester diéthylaminoéthylique de l'acide phénylcyclopentane carboxylique (parpanit),* par CORNEILLE HEYMANS et G. R. DE VLEESCHHOUWER. Id. Vol. LXXV. Fasc. 3 et 4, 15 janvier 1948. — *Sur la pharmacologie de différentes substances curarisantes,* par A. VAN DEN OOSTENDE. Idem. — *Activités respiratoires au cours de la surventilation artificielle et de l'apnée acapnique,* par CORNEILLE HEYMANS et J. JACOB. Id. — *Hémorragie, transfusion sanguine et homéostasie de la pression artérielle,* par CORNEILLE HEYMANS et J. VERSTRÆTE. Id. Vol. LXXVI, Fasc. 4, 1er juin 1948. — *Actions pharmacologiques sur le muscle bronchique des poumons isolés du cobaye normal et anaphylactisé,* par ANDRÉ DE SCHÆPDRIJVER. Id. Vol. LXXVII. Fasc. 1, 1er juillet 1948. — *Sur le rôle des centres vasomoteurs bulbaires dans le maintien de la pression artérielle,* par CORNEILLE HEYMANS et R. PANNIER. Id. Bruxelles, Secrétariat de la rédaction, 7 fasc. 23cm,5.

Differential action of anoxia, asphyxia and carbon dioxide on normal and convulsive potentials, par E. GELLHORN et CORNEILLE HEYMANS. Extrait de *Journal of neurophysiology,* 11, 1948; 1 fasc. 25cm,5.

Regulation of respiration during muscular work, as studied on the perfused isolated head, par CORNEILLE HEYMANS, J. JACOB et G. LILJESTRAND. Extrait de *Acta physiologica scandinavica.* Vol. XIV. Fasc. 1 et 2. Stockholm, P. A, Norstedt et Söner, 1947; 1 fasc. 23cm.

Congrès international des industries de fermentation. *Recherches concernant la répartition et l'élimination de l'alcool éthylique par l'organisme,* par A.-L. Delaunois et H. Casier. Gand, 1947; 1 fasc. 24cm.

Cahier des ingénieurs agronomes. Numéro spécial édité sous le patronage de l'U.N.E.S.C.O. *Conservation et utilisation des ressources naturelles. Point de vue des ingénieurs agronomes français,* 2e trimestre 1949, nos 47-48. Paris, 1949; 1 fasc. 27cm (présenté par M. A. Demolon).

Société suisse de chimie. *Assemblée d'été à Lausanne,* 1949; 1 fasc. 29cm,5.

Making New Zealand. Vol. I. *Pictorial surveys of a century,* n° 1. *The Begining* Auckland, Wilson et Horton, 1939; 1 fasc. 30cm,5.

Scientific institutions in New Zealand, 1949, publié par *The Department of scientific and industrial research.* Wellington, Coulls Somerville Wilkie Ltd, 1949; 1 vol. 23cm.

A List of scientific institutions in the Pacific Area, par O. A. Bushnell. Extrait de *Pacific Science,* 1948; 1 fasc. 25cm,5.

Exposition Buffon au Muséum national d'histoire naturelle, du 24 juin au 15 septembre 1949. *Introduction à la vie et à l'œuvre de Buffon.* Paris, 1949; 1 fasc. dactylographié 27cm.

Revista del Instituto nacional de investigacion de las ciencias naturales. Anexo al Museo argentino de ciencias naturales Bernardino Rivadavia. Tomo I, n° 1 : *Una variante al grafico o diagrama hidrotermico de raunkiaer,* por Roman A. Perez-Moreau; Tomo I, n° 2 : *El fitoplancton del embalse san Roque,* por Sebastian A. Guarrera; Tomo I, n° 3 : *Anatomia dél Leño secundario de las especies argentinas de la tribu zygophylleae (zigofilaceas),* por Domingo Cozzo; Tomo I, n° 4 : *Antigenos flagelares de las Bacterias del grupo Ballerup-Hornæchei,* por Jose Julio Monteverde. Buenos-Aires, Imprenta y casa editoria Conti, 1948; 4 fasc. 28cm.

Comunicaciones del Instituto nacional de investigacion de las ciençias naturales. Anexo al museo argentino de ciencias naturales Bernardino Rivadavia. Tomo I, n° 1 : *Anatomia del Leño secundario de las especies argentinas del genero Monttea,* por Luis Q. Cristiani. Buenos Aires, Imprenta y casa editoria Coni, 1948; 1 fasc. 28cm.

Collection de travaux de l'Académie internationale d'histoire des sciences, n° 3 : *Timotheus of gaza on animals. Fragments of a Byzantine paraphrase of an animal-book of the 5th Century A. D. Translation, Commentary and Introduction,* by F. S. Bodenheimer, A. Rabinowitz. Paris, Académie internationale d'histoire des sciences, et Leiden, E. J. Brill, s. d.; 1 vol. 25cm.

Sveriges geologiska undersökning. ser. Aa n° 189 : Bladet *Falun*; n° 190 : Bladet *Söderforst*-Skala 1/50.000. Stockholm, Litograferad och tryckt vid AB Kartografiska Institutet 1948; 2 planches 79cm × 59cm.

(*à suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 SEPTEMBRE 1949.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence et la teneur en césium des terres arables.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Didier Bertrand**.

Les recherches que nous avons entreprises sur l'existence possible du césium dans les plantes ont apporté la démonstration que ce métal alcalin se trouve, non d'une manière accidentelle, mais normale, dans l'organisme de toutes les espèces que nous avons étudiées ([1]). Fait plus surprenant encore, étant donnée la rareté en général admise de ce métal alcalin dans le monde minéral, les proportions que nous avons dosées ne sont pas parmi les plus petites de celles que l'on rencontre dans le groupe des oligoéléments de la matière végétale. C'est ainsi que dans les 35 échantillons de plantes phanérogames que nous avons analysés, il y a, en moyenne, par kilogramme de matière sèche, à côté de 20^{mg},1 de rubidium, 21^{mg},9 de césium. Ces proportions, très voisines, sont comprises entre celles du fer et du cuivre, elles sont beaucoup plus grandes que celles du bore et du manganèse dont on connaît cependant la grande importance en phytophysiologie et en agriculture.

Nous nous étions préoccupés à propos du rubidium de nous rendre compte des quantités de ce métal que des terres arables d'origines diverses étaient susceptibles de fournir aux plantes qu'elles nourissent ([2]). Nous avons abordé le même problème au sujet du césium.

Sans aller jusqu'à la désagrégration totale des débris de roches que ces terres contiennent et qui ne sauraient certainement être utilisés par les plantes sans le concours de très nombreuses années, nous avons cependant cherché à extraire ce qui pouvait l'être par une action déjà énergique et bien supérieure à celles des racines. L'échantillon de terre, débarrassé des matières organiques par un chauffage au rouge sombre, a été traité par de l'acide chlorhydrique pur et concentré, au bain-marie, à cinq reprises. Nous avons décrit ce procédé d'extraction quand il s'est agi du rubidium. Les solutions acides ont été

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 533.
([2]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 193.

réunies, évaporées à sec et le résidu traité comme s'il s'était agi de doser le rubidium ou le césium dans une cendre végétale.

Nous avons choisi dans notre collection de terres les mêmes échantillons que nous avions analysés à propos du rubidium ([2]). Pas plus que dans le cas des plantes, nous n'avons pu utiliser directement la raie ultime 4555.5 Å pour apprécier la quantité de césium présente.

Le baryum se rencontre ordinairement dans la terre arable, parfois même en proportions assez importantes ([3]). Au cours du traitement chimique de la terre pour extraire et amener les métaux alcalins à l'état de chlorures, ce baryum est séparé à l'état de sulfate et de phosphate; mais la solubilité de ces composés n'est pas absolument nulle et il en passe des traces dans la solution des chlorures alcalins. La raie ultime du baryum 4554 Å apparaît donc quand on examine les chlorures au spectrographe et, comme nous l'avons fait remarquer, elle est si rapprochée de la raie du césium 4555,5 Å que, même avec un bon appareil courant de laboratoire, elle se confond avec elle. Nous avons dû, comme pour le dosage du césium dans les plantes, recourir à une correction basée sur la détermination préalable du métal alcalino-terreux ([1]).

La série des terres que nous avions à examiner comprenait 22 échantillons. Les spectrogrammes de la moitié d'entre elles ont montré, par observation de la raie 5535 Å, une trop forte teneur en baryum pour rendre acceptable la correction envisagée ci-dessus. Il est donc resté onze terres pour lesquelles la suite des opérations, c'est-à-dire l'évaluation préalable d'intensité des raies ultimes du baryum et, finalement, le dosage du césium, a été poursuivie.

Les résultats de ces dosages figurent dans le tableau ci-joint. Ils sont exprimés en milligrammes de césium par kilogramme de terre, séchée à l'étuve à 100-105°, et sont rangés par ordre de teneur croissante en métal alcalin ([4]).

Origine des terres.	Teneur en césium.
Fontainebleau (Seine-et-Marne) (bruyère)	0,3
Malvergne (Vendée) (prairie)	0,3
» » (verger)	0,7
Versailles (S.-et-O.), Station de recherches agronomiques (échant. n° 2)	1,1
Neuville, près Caen (Calvados) (échantillon n° 3)	1,3
Versailles (S.-et-O.), Station de recherches agronomiques (échant. n° 1)	3,5
Grignon (Seine-et-Oise), École nationale d'Agriculture	5,1
Heurteauville, près Rouen (Seine-Inférieure) (échantillon n° 3)	5,5
Aquapendente (Italie) (vallée)	5,6
Kébernez, près Quimper (Finistère)	15,5
Beauvoisin (Gard) (échantillon n° 1)	25,7

([3]) Comme l'a montré l'un de nous (G. Bertrand) en collaboration avec L. Silberstein (*Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 335 et 477, et *Bull. Soc. chim.*, **43**, 1928, p. 372).

([4]) Les numéros entre parenthèses sont ceux portés sur les étiquettes de la collection. Nous les donnons pour faciliter des comparaisons avec divers autres oligodosages publiés antérieurement.

On peut résumer ces premières recherches en disant que, dans les conditions analytiques où nous nous sommes placés, la terre de bruyère (de Fontainebleau), les terres de limon et de pays calcaires ont cédé les plus petites proportions de césium, de $0^{mg},3$ à 5 ou 6^{mg}; tandis que les terres reposant sur un sous-sol granitique (Kébernez, Beauvoisin) en ont fourni les plus grandes quantités, de 15 à 25^{mg} par kilog/sec.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Le problème de la règle des signes.* Note (*) de M. **Dimitri Riabouchinsky.**

1. La règle des signes *moins par moins donne plus* était connue au moins depuis la première moitié du IVe siècle, elle figure en effet dans l'Arithmétique de Diophante comme procédé pratique de calcul. Depuis cette époque lointaine et jusqu'au XIXe siècle, de nombreuses tentatives ont été faites pour donner une justification logique de cette règle, mais depuis la fin du XIXe siècle on admet généralement qu'une pareille démonstration n'est guère possible (1). Il ne peut être question que d'une reconnaissance *a posteriori* de l'admissibilité logique de cette règle, qu'on obtient en se laissant guider par le principe de la permanence des formes opératoires.

A l'appui de cette thèse F. Klein donne, dans le travail précité, un raisonnement que nous interpréterons comme suit. Soient a, b, c, d des entiers positifs tels que $a > b$ et $c > d$. Partageons le rectangle de côtés a et c par deux droites, respectivement orthogonales à ces côtés, en quatre rectangles dont la somme des surfaces est égale à ac,

$$ac = (a-b)(c-d) + (a-b)d + (c-d)b + bd.$$

En effectuant des transformations arithmétiques, il vient

$$(1)\qquad (a-b)(c-d) = (ac) - (ad) - (bc) + (bd)$$

et, en posant dans (1) successivement $b = d = 0$, $b = 0$, $d = 0$, on peut écrire

$$(2)\qquad +a.+c = +(a.c), \qquad +a.-d = -(a.d), \qquad -b.+c = -(b.c).$$

Les équations (1) et (2) ont été obtenues en tenant compte de la condition $(a-b) > 0$, $(c-d) > 0$. Si, en appliquant le principe de la permanence, on cherche quelle doit être la règle des signes pour que l'équation (1) continue à être exacte quelles que soient les valeurs de $(a-b)$ et $(c-d)$, on trouve, en plus des équations (2), en posant dans (1) $a = c = 0$, la règle des signes

$$(3)\qquad -b.-d = +(b.d).$$

(*) Séance du 5 septembre 1949.

(1) Félix Klein, *Elementar Mathematik*, p. 67. Leçons professées à Göttingen, 1907-1908.

2. Dans les raisonnements qui précèdent, on ne fait pas mention de la remarquable définition des nombres négatifs donnée par Kant : « On ne saurait, à vrai dire, nommer négative aucune grandeur, mais il faut dire que chacune des deux grandeurs $+a$ et $-a$ est négative par rapport à l'autre ».

Nous discuterons maintenant le problème de la règle des signes en nous basant sur cette définition kantienne des nombres positifs et négatifs, qui justifie l'appellation *nombres relatifs* qu'on leur donne quelquefois.

En Arithmétique l'unité est le module de la multiplication, $A.1 = 1.A = A$, où A est tout nombre absolu, pas affecté de signe.

En se laissant guider par le principe de permanence et la définition de Kant, on peut choisir arbitrairement l'une ou l'autre des unités $+1$ ou -1 comme module de la multiplication des nombres relatifs R.

Première règle des signes. — En choisissant comme module $+1$, il vient $R.+1 = +1.R = R$ et, en donnant à R successivement les valeurs $+1$ et -1, on retrouve la règle des signes (2) et (3),

$$+1.+1=+1, \quad -1.+1=+1.-1=-1, \quad \pm 1:\pm 1=+1, \quad -1:+1=-1,$$
$$(+1-1)^2=+1-2+(-1)^2=0 \quad \text{et, par conséquent} \quad -1.-1=+1, \quad +1:-1=-1.$$

On a aussi

$$(\pm 1)^2=+1, \quad \pm 1=\pm\sqrt{+1}, \quad |\pm 1|=+1, \quad \pm 1=\pm|\overline{+1}.$$

Deuxième règle des signes. — En choisissant comme module -1, il vient $R.-1 = -1.R = R$ et, en donnant à R successivement les valeurs $+1$ et -1,

$$+1.-1=-1.+1=+1, \quad -1.-1=-1, \quad \pm 1:\pm 1=-1, \quad +1:-1=+1,$$
$$(-1+1)^2=-1+2+(+1)^2=0 \quad \text{et, par conséquent} \quad +1.+1=-1, \quad -1:+1=+1.$$

On a aussi

$$(\pm 1)^2=-1, \quad \pm 1=\pm\sqrt{-1}, \quad |\pm 1|=-1, \quad \pm 1=\pm|\overline{-1}.$$

On passe de l'une de ces deux règles à l'autre en remplaçant chaque $+$ par $-$ et chaque $-$ par $+$.

3. Considérons l'application de ces deux règles des signes en géométrie analytique. Il résulte des développements de la section 2, que deux fonctions qui ne diffèrent l'une de l'autre que par les signes de tous les paramètres et ceux des variables, et auxquelles on applique respectivement la première et la seconde règle des signes, représentent *sur le même plan de coordonnées* des courbes symétriques par rapport à l'origine des axes et, par conséquent, *sur deux plans, dont le sens positif des axes de l'un est opposé à celui des axes de l'autre*, des courbes identiques.

Soient les équations

$$2y = 5x^3 - 3x^2 + 4x - 2 \quad \text{et} \quad -2y = -5x^3 + 3x^2 - 4x + 2.$$

Nous leur appliquerons respectivement la première et la deuxième règle des signes.

On trouve ainsi comme solutions de la première équation, par exemple, $x=2$, $y=17$ et $x=-1$, $y=-7$ et comme solutions correspondantes de la seconde équation $x=-2$, $y=-17$ et $x=+1$, $y=+7$.

4. Aux imaginaires, qu'on peut aussi désigner ([2]) comme unités d'origine imaginaire, $\pm i = \pm 1 = \pm\sqrt{-1}$ et $\pm j = \pm 1 = \mp \overline{|\,-1}$ de la première règle des signes, correspondent les unités réelles $\pm r' = \pm 1 = \pm\sqrt{-1}$ et $\pm r'_2 = \pm 1 = \pm \overline{|\,-1}$ de la seconde et, inversement, aux unités réelles $\pm r = \pm 1 = \pm\sqrt{+1}$ et $\pm r_1 = \pm 1 = \pm \overline{|\,+1}$ de la première règle des signes correspondent les imaginaires $\pm i' = \pm 1 = \pm\sqrt{+1}$ et $\pm j' = \pm 1 = \mp \overline{|\,+1}$ de la seconde. Les unités i et r' ne sont cependant pas identiques étant soumises respectivement à la première et à la seconde règle des signes. Il en est de même des unités i' et r, comme on le voit dans le tableau ci-dessous, où $n=0, \pm 1, \pm 2, \ldots,$

$$
\begin{array}{llll}
(\pm i)^{4n+1} = \pm\sqrt{-1}, & (\pm i)^{4n+2} = -1, & (\pm i)^{4n+3} = \mp\sqrt{-1}, & (\pm i)^{4n+4} = +1, \\
(\pm r')^{4n+1} = \pm\sqrt{-1}, & (\pm r')^{4n+2} = -1, & (\pm r')^{4n+3} = \pm\sqrt{-1}, & (\pm r')^{4n+4} = -1, \\
(\pm i')^{4n+1} = \pm\sqrt{+1}, & (\pm i')^{4n+2} = +1, & (\pm i')^{4n+3} = \mp\sqrt{+1}, & (\pm i')^{4n+4} = -1, \\
(\pm r)^{4n+1} = \pm\sqrt{+1}, & (\pm r)^{4n+2} = +1, & (\pm r)^{4n+3} = \pm\sqrt{+1}, & (\pm r)^{4n+4} = +1.
\end{array}
$$

Dans la première règle des signes $\sqrt{+1}$ est réel et $\sqrt{-1}$ imaginaire, et dans la seconde règle des signes c'est $\sqrt{-1}$ qui est réel et $\sqrt{+1}$ imaginaire. On peut en conclure, comme Kant l'a fait pour les nombres positifs et négatifs, qu'on ne saurait nommer imaginaire aucun nombre, mais il faut dire que chacun des deux nombres $\sqrt{+a}$ et $\sqrt{-a}$ est imaginaire par rapport à l'autre.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la France d'Outre-Mer** invite l'Académie à lui donner son avis au sujet de la nomination de M. **Igor Marche-Marchad**, au poste d'assistant de l'Institut océanographiqne de Nhatrang.

(Renvoi à la Commission de l'Indochine.)

([2]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1104-1106. $\pm\overline{|y}$ est le symbole du retour à la valeur relative, opération inverse à celle du passage à la valeur absolue $y = |\times|$.

THÉORIE DES RELATIONS. — *Relations généralisées et indépendance logique des notions de réflexivité, symétrie et transitivité.* Note (*) de M. **Karl Egil Aubert**, présentée par M. Gaston Julia.

Dans une Note antérieure ([1]) nous avons donné quelques définitions servant d'introduction à une théorie généralisée des relations. Nous traiterons ici l'indépendance logique des notions $\mathrm{Re}_i\mathrm{Sy}_j\mathrm{Tr}_k$ et des notions $\mathrm{Re}_i\mathrm{Sy}_L\mathrm{Tr}_L$.

Donnons d'abord un critère algébrique d'où l'on peut déduire en particulier des conditions pour l'indépendance logique des notions $\mathrm{Re}_i\mathrm{Sy}_i\mathrm{Tr}_i$. Nous imposerons dans ce but à la structure algébrique de $\mathfrak{E}$ quelques conditions assez générales.

1. $\mathfrak{E}$ contient des uples non réflexifs.
2. Δ est fermé par rapport à l'opération de transitivité.
3. Pour tous $\Delta^* \subseteq \Delta$ on a $\mathrm{Sy}(\Delta^*) = \Delta^*$ et il existe un $\Delta^* \subset \Delta$, proprement contenu dans Δ, tel que $\mathrm{Tr}(\Delta^*) = \Delta^*$.
4. Il existe un uple non réflexif qui n'engendre ni Δ, ni un ensemble symétriquement fermé par rapport aux opérations de symétrie et de transitivité en question.

Théorème. — *A ces quatre conditions une condition nécessaire et suffisante pour que les notions de* T_i*-réflexivité,* T_i*-symétrie et* T_i*-transitivité soient logiquement indépendantes est qu'il existe des sous-ensembles* $\mathfrak{F}_1$ *et* $\mathfrak{F}_2$ *de* $\mathfrak{E} - \Delta$ *tels que pour les opérations de fermetures correspondantes on ait*

A. $$\mathrm{Sy}(\Delta \cup \mathfrak{F}_1) \subset \mathrm{Tr}\{\mathrm{Sy}(\Delta \cup \mathfrak{F}_1)\},$$
B. $$\mathrm{Tr}(\Delta \cup \mathfrak{F}_2) \subset \mathrm{Sy}\{\mathrm{Tr}(\Delta \cup \mathfrak{F}_2)\},$$

les inclusions étant strictes, et que A *reste valable (en remplaçant* $\mathfrak{F}_1$, *si c'est nécessaire, par un autre ensemble* $\mathfrak{F}'_1 \subseteq \mathfrak{E}$*) quand on remplace* Δ *par un sous-ensemble convenable* Δ^*, *proprement contenu dans* Δ (condition A').

Ce critère général ne s'applique pas seulement relativement à $\mathfrak{E}$, mais aussi relativement aux ensembles E^{2n} (en particulier dans le cas binaire E^2). Il résulte de ce théorème, par exemple dans le cas de dimension deux, l'indépendance logique des notions $\mathrm{Re}_i\,\mathrm{Sy}_i\,\mathrm{Tr}_i$ pour les relations générales et pour les relations $2n$-aire, avec $n > 1$, dans les ensembles contenant au moins deux éléments. Dans le cas binaire, $n = 1$, il faut que l'ensemble de base contienne au moins trois éléments pour obtenir l'indépendance.

Dans le cas des ensembles, E, finis ou dénombrables, on a une façon commode de représenter les relations qui, en principe, généralise la représentation matricielle pour les relations binaires. Mais au lieu de donner une représen-

(*) Séance du 1er août 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 284.

tation quadratique nous donnerons une représentation linéaire. On considère $\mathfrak{E}$ comme une suite d'éléments et pour chaque relation R dans E on remplace l'uple u de cette suite par la valeur $\varphi_R(u) \in \mathfrak{L}_\chi$ et l'on obtient ainsi une nouvelle suite représentant R relativement à l'ordre imposé à $\mathfrak{E}$. Nous appellerons une telle suite une $\mathfrak{L}$-suite. Une telle représentation semble être très utile pour beaucoup des considérations dans la théorie des relations. Nous indiquerons ici seulement l'utilité d'une telle représentation pour traiter la question de l'indépendance logique des notions de réflexivité, symétrie et transitivité (abrégé : notions de Re Sy Tr).

Démontrer l'indépendance logique des notions de Re Sy Tr revient à trouver une relation représentative pour chacun des 8 types ReSyTr, $\mathrm{Re}\,\mathrm{Sy}\,\overline{\mathrm{Tr}}$, $\mathrm{Re}\overline{\mathrm{Sy}}\mathrm{Tr}$, $\overline{\mathrm{Re}}\mathrm{Sy}\mathrm{Tr}$, $\mathrm{Re}\overline{\mathrm{Sy}}\,\overline{\mathrm{Tr}}$, $\overline{\mathrm{Re}}\mathrm{Sy}\overline{\mathrm{Tr}}$, $\overline{\mathrm{Re}}\,\overline{\mathrm{Sy}}\mathrm{Tr}$ et $\overline{\mathrm{Re}}\,\overline{\mathrm{Sy}}\,\overline{\mathrm{Tr}}$, — étant le signe de négation, de façon que, par exemple $\overline{\mathrm{Re}}$ indique la non-réflexivité. Pour faire une telle construction des relations représentatives d'une manière générale et systématique, il est commode d'utiliser la représentation des relations comme des $\mathfrak{L}$-suites. Des conditions comme 2, 3, 4, A, B et A' ci-dessus donnent justement sous une forme précise et abstraite les moyens qu'on utilise pour une telle construction explicite. Les conditions A et B, par exemple, servent respectivement pour la construction des deux types $\mathrm{Re}\,\mathrm{Sy}\,\overline{\mathrm{Tr}}$ et $\mathrm{Re}\overline{\mathrm{Sy}}\mathrm{Tr}$. On peut d'abord former des $\mathfrak{L}$-suites démontrant, dans le cas de dimension deux, l'indépendance des notions binaires de $\mathrm{Re}_i\mathrm{Sy}_i\mathrm{Tr}_i$ dans les ensembles contenant trois éléments ou plus, l'indépendance des notions $2n$-aire de $\mathrm{Re}_i\mathrm{Sy}_i\mathrm{Tr}_i$ ($n > 1$) dans les ensembles contenant deux éléments ou plus et l'indépendance des notions $\mathrm{Re}_i\mathrm{Sy}_j\mathrm{Tr}_k$ (i, j et k étant deux à deux différents), dans les ensembles contenant deux éléments ou plus. Puis prenant ces systèmes de $\mathfrak{L}$-suites comme point de départ, il est facile de montrer à l'aide d'un principe d'extension que les notions $\mathrm{Re}_i\mathrm{Sy}_i\mathrm{Tr}_i$, les notions $\mathrm{Re}_i\mathrm{Sy}_j\mathrm{Tr}_k$ et les notions $\mathrm{Re}_i\mathrm{Sy}_L\mathrm{Tr}_L$ sont indépendantes pour n'importe quelle dimension finie si la base E est suffisamment grande. Voici le principe :

En général on peut étendre une relation R définie dans E à un ensemble $E' \supset E$ sans altérer les propriétés de T_i-réflexivité, T_j-symétrie et T_k-transitivité si l'on fait correspondre à chaque uple dans $\mathfrak{E}' - \mathfrak{E}$ un élément arbitrairement choisi en dehors de $\{T_j, T_k\}$ (dans $\mathfrak{L}_\chi$ ou non), sauf les uples réflexifs que l'on fait correspondre à T_i.

Pour augmenter la dimension des relations représentatives, il suffit, d'après ce principe, de passer de la base E à la base E' et de faire correspondre à $\mathfrak{E}' - \mathfrak{E} - \Delta$ des éléments qui sont en dehors de $\mathfrak{L}_\chi$. Dans le cas des notions de $\mathrm{Re}_i\mathrm{Sy}_L\mathrm{Tr}_L$, on peut aussi appliquer ce principe mais d'une manière un peu plus restrictive. Considérons par exemple le cas des relations binaires avec $\mathfrak{L}_{n+1} = \{0, 1/n, \ldots, (n-1)/n, 1\}$ comme ensemble des valeurs de vérité dans la logique de Lukasiewicz L_{n+1}. D'abord il est facile de donner un système des

$\mathfrak{L}$ — suites montrant l'indépendance dans le cas $\mathfrak{L}_3 = \{(n-2)/n, (n-1)/n, 1\}$ dans un ensemble $E = \{a, b, c\}$ de trois éléments.

En ajoutant l'élément d à E nous pouvons dans $E' = \{a, b, c, d\}$ étendre les $\mathfrak{L}_3$ — suites faisant correspondre à la valeur $(n-3)/n$ tous les couples contenant d, sauf (d, d) que l'on fait correspondre à 1, de façon qu'on obtienne des $\mathfrak{L}$ — suites de dimension quatre, montrant l'indépendance dans le cas $\mathfrak{L}_4 = \{(n-3)/n, (n-2)/n, (n-1)/n, 1\}$ dans un ensemble de quatre éléments. Continuant de cette manière nous arrrivons à un système de $\mathfrak{L}$ — suites de dimension $n+1$, montrant l'indépendance logique des notions binaires de $Re_i Sy_L Tr_L$ dans le cas $\mathfrak{L}_{n+1} = \{0, 1/n, \ldots, (n-1)/n, 1\}$ dans un ensemble E avec $n+1$ éléments.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un problème de translations.* Note de M. **Shmuel Agmon**, présentée par M. Paul Montel.

Le problème dont nous donnons ici la solution a été posé par M. J. Dixmier. Dans notre démonstration, le théorème suivant dû à M. Titchmarsh [1] joue un rôle fondamental.

Théorème T. — *Soit $g(t)$ une fonction appartenant à L_1 sur l'intervalle fini $[a, b]$ et posons*

$$F(z) = \int_a^b g(t)\, e^{-itz}\, dt. \tag{1}$$

Supposons que a et b soient les limites effectives d'intégration. Dans ces conditions, $F(z)$ est une fonction entière du type exponentiel telle qu'en désignant par $n(r)$ le nombre de zéros de $F(z)$ pour $|z| < r$, on ait

$$\lim_{z=\infty} \frac{n(r)}{r} = \frac{b-a}{\pi}. \tag{2}$$

Nous allons démontrer le théorème suivant :

Théorème. — *Soit $K_0(x)$ une fonction appartenant à L_p, $1 \leq p < \infty$, sur l'intervalle $[0, 1]$, telle que : $\int_0^\delta |K_0(x)|\, dx > 0$ pour chaque $0 < \delta < 1$. Posons $K_0(x) = 0$ pour $-\infty < x < 0$ et $1 < x < \infty$. Soit $\{\xi_n\}$, $n = 1, 2, \ldots,$ une suite de nombres partout dense sur $[0, 1]$, $(0 \leq \xi_n \leq 1)$. La suite de fonctions $\{K_0(x-\xi_n)\}$, $n = 1, 2, \ldots,$ est alors complète dans l'espace L_p sur $[0, 1]$. C'est-à-dire que, une telle fonction $K(x) \in L_p$ et $\varepsilon > 0$ étant donnés, il existe un entier N et des constantes $a_1, \ldots, a_N$, telles que*

$$\int_0^1 \Big| K(x) - \sum_{n=1}^{N} a_n K_0(x-\xi_n) \Big|^p dx < \varepsilon. \tag{3}$$

---

(1) *Proc. Lond. Math. Soc.*, (2), 25, 1926, p. 283-302. *Voir* aussi M. L. Cartwright, *Proc. Lond. Math. Soc.*, 38, 1935, p. 164.

Démonstration. — Supposons, par contradiction, que la suite ne soit pas complète. D'après les théorèmes généraux, cette suite n'est pas fermée dans l'espace conjugué $L_{p'}[(1/p')+(1/p)=1]$. Donc, il existe une fonction $\varphi(t)$ appartenant à $L_{p'}$ sur $[0, 1]$ (et par conséquent à L_1) qui n'est pas nulle p. p. et telle qu'on ait

$$\int_0^1 \varphi(t)\,K_0(t-x)\,dt=0 \qquad \text{pour} \quad 0\leqq x\leqq 1. \tag{4}$$

Posons $\varphi(t)=0$ pour $t<0$ et $t>1$ et

$$\left\{\begin{aligned} G_0(z)&=\int_{-\infty}^{\infty} K_0(-t)\,e^{-itz}\,dt=\int_0^b K_0(t)\,e^{itz}\,dt,\\ G_\varphi(z)&=\int_{-\infty}^{\infty} \varphi(-t)\,e^{-itz}\,dt=\int_{a_\varphi}^{b_\varphi} \varphi(t)\,e^{itz}\,dt,\end{aligned}\right. \tag{5}$$

où 0, b $(0<b\leqq 1)$ et a_φ, b_φ $(0\leqq a_\varphi<b_\varphi\leqq 1)$ sont les limites effectives d'intégration de ces intégrales. Posons

$$\psi(x)=\int_{-\infty}^{\infty} \varphi(-t)\,K_0(-x-t)\,dt=\int_{a_\varphi}^{b_\varphi} \varphi(t)\,K_0(t-x)\,dt. \tag{6}$$

Le produit symbolique (faltung) $\psi(x)$ de $\varphi(-x)$ et $K_0(-x)$ est une fonction continue. De plus, en tenant compte de (6) et du fait que $K_0(x)=0$ p. p. pour $x<0$ et $x>b$, on constate facilement que $\psi(x)=0$ pour $x\geqq b_\varphi$ et pour $x\leqq a_\varphi-b$. Enfin, d'après (4), on conclut que $\psi(x)\neq 0$ seulement dans l'intervalle $a_\varphi-b\leqq x\leqq 0$ [si $a_\varphi-b\geqq 0$, $\psi(x)\equiv 0$]. Posons

$$G_\psi(z)=\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t)\,e^{-itz}\,dt=\int_{a_\psi}^{b_\psi} \psi(t)\,e^{-itz}\,dt, \tag{7}$$

où a_ψ, b_ψ sont les limites effectives d'intégration. D'après ce qui précède, si $\psi(x)$ n'est pas identiquement nulle, on a

$$a_\varphi-b\leqq a_\psi<b_\psi\leqq 0$$

et, en particulier,

$$0<b_\psi-a_\psi\leqq b. \tag{8}$$

Or, d'après la définition de $\psi(x)$

$$G_\psi(z)=G_0(z)\,G_\varphi(z). \tag{9}$$

Si $\psi(x)\equiv 0$, on déduit de (9) l'affirmation contradictoire : $K_0(x)$ ou $\varphi(x)$ est nulle p. p. Considérons maintenant le cas $\psi(x)\not\equiv 0$ et désignons respectivement par $n_0(r)$, $n_\varphi(r)$ et $n_\psi(r)$ le nombre des zéros en module inférieurs à r des fonctions $G_0(z)$, $G_\varphi(z)$ et $G_\psi(z)$. On a, d'après (9) : $n_\psi(r)=n_0(r)+n_\varphi(r)$. En divisant la dernière égalité par r et en passant à la limite $(r\to\infty)$, on obtient d'après (5), (7), (9) et le théorème T : $0<b_\psi-a_\psi=b+b_\varphi-a_\varphi$.

Mais, la dernière égalité et (8) nous donnent $b_\varphi - a_\varphi \leq 0$ et par conséquent : $b_\varphi - a_\varphi = 0$. C'est-à-dire $\varphi(x) = 0$ p. p. Ce qui nous mène à une contradiction, et démontre le théorème.

Remarquons enfin que si $K_0(x)$ et $K(x)$ sont deux fonctions continues sur $[0,1]$ avec $K_0(0) = K(0) = 0$, $K_0(x)$ n'étant identiquement nulle dans aucun intervalle $[0, \delta]$, $0 < \delta < 1$, il existe un théorème analogue où l'inégalité (3) est remplacée par

$$\max_{0 \leq x \leq 1} \left| K(x) - \sum_{n=1}^{N} a_n K_0(x - \xi_n) \right| < \varepsilon.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Des théorèmes du type de Phragmén-Lindelöf.* Note (*) de M. **Albert Pfluger**, présentée par M. Paul Montel.

Soit, dans le plan des z, un domaine quelconque D, dont la frontière Γ contient le point $z = \infty$ et se compose d'un nombre fini de courbes suffisamment régulières dans toute partie compacte du plan $|z| < \infty$. Soit $w(z)$ une fonction analytique et uniforme dans D et de valeur absolue ≤ 1 sur la frontière Γ. Il se présente alors seulement deux cas : la fonction w reste bornée dans D ou bien son module maximum $M(r) = \max_{|z|=r,\, z \in D} |w(z)|$ croît avec une certaine rapidité. Dans ce dernier cas, je donne pour $M(r)$ une estimation inférieure qui exploite la structure du domaine D d'une manière plus précise qu'auparavant.

Je désigne par $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_n$, respectivement les mesures angulaires des parties de la circonférence $|z| = r$, qui sont contenues dans D, et par $\Phi(r)$ leur maximum, $\Phi(r) = \max_{(i)} \varphi_i$. Soit E, l'ensemble fermé sur l'axe réel positif, que parcourt le module des points de Γ et qui s'obtient donc par projection circulaire de Γ sur cet axe. Je désigne par $E(r)$ sa fonction caractéristique.

Alors, en me servant du principe de la majorante harmonique et en estimant cette dernière par une méthode tout à fait analogue à celle de ma Note précédente [1], j'obtiens l'inégalité

$$(1) \qquad \big(\log M(R)\big)^2 \geq c \int_1^R e^{\alpha(\rho)}\, d\log\rho, \qquad \alpha(\rho) = 2\pi \int_1^\rho \frac{E(r)\, d\log r}{\Phi(r)},$$

où c est une constante positive et R suffisamment grand [2]. Il est essentiel que la formule (1) fasse intervenir dans l'intégrale des propriétés du domaine D qui s'expriment par la plus grande mesure angulaire de ses parties sur la circonférence $|z| = r$.

(*) Séance du 5 septembre 1949.

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 505.

(2) Pour une méthode analogue, *voir* T. Carleman, *Comptes rendus*, 169, 1933, p. 995.

Soient maintenant $\mathcal{E}$ l'ensemble des points dans E tels que

$$\Phi(r) \geqq \frac{\pi}{\varkappa}\left(\varkappa \geqq \frac{1}{2}\right)$$

et $\mathcal{E}(r)$ sa fonction caractéristique

$$\int_1^r \mathcal{E}(\rho)\, d\log\rho = \lambda_{\mathcal{E}}(1, r) = \lambda(1, r)$$

est la mesure logarithmique de $\mathcal{E}$ dans l'intervalle $(1, r)$. Je suppose que $\lambda(1, r) \to \infty\, (r \to \infty)$. Alors, il résulte de (1) que

$$\liminf_{r \to \infty} e^{-\varkappa\lambda(1,r)} \log M(r) > 0. \tag{2}$$

La relation (2) donne lieu à plusieurs énoncés particuliers. Si, par exemple, la fonction $w(z)$ est d'ordre $\rho > 0$, la densité logarithmique supérieure de $\mathcal{E}$, $\bar{\lambda} = \limsup \lambda(1, r)/\log r$, ne dépasse pas le nombre $\rho/\varkappa$. En outre, si l'ensemble $\mathcal{E}$ vérifie la condition $\overline{\lim}\,(\varkappa\lambda(1, r) - \rho \log r) > -\infty$ pour une constante $\rho > 0$, on a $\overline{\lim}\, r^{-\rho} \log M(r) > 0$.

En considérant les relations $\Phi(r) \leqq \sum_{(i)} \varphi_i \leqq 2\pi$, on retrouve des résultats dus à MM. A. Dinghas ([3]), Masao Inoue ([4]) et B. Kjellberg ([5]).

Si, en particulier, l'ensemble $\mathcal{E}$ coïncide avec l'axe réel positif, l'inégalité (2) se simplifie et donne $\liminf r^{-\varkappa} \log M(r) > 0$, qui, dans le cas du domaine $|\arg z| \leqq \pi/\varkappa$, revient au théorème classique de Phragmén-Lindelöf.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les espaces à connexion à groupe maximum des transformations en eux-mêmes.* Note (*) de M. **Georges Vranceanu**, transmise par M. Élie Cartan.

Egorof a montré ([1]) qu'étant donné un espace A_n à connexion affine dont le tenseur de courbure n'est pas nul, le groupe maximum de transformations en lui-même de l'espace possède n^2 paramètres. J'avais déjà rencontré des espaces possédant un groupe à n^2 paramètres, en étudiant les espaces à forme de Pfaff invariante ([2]). J'ai démontré récemment ([3]) que tous les espaces A_n à groupe

([3]) *S.-B. Preuss, Akad. Wiss.*, 1937.
([4]) *Mem. Fac. Sci. Kyusyu Imperial Univ.*, Série A, 3, 1943, p. 15-44.
([5]) *Thèse*, Uppsala, 1948.

(*) Séance du 8 août 1949.
([1]) *Doklady Akad. Nauk.*, 57, 1947, p. 867-870.
([2]) G. Vranceanu, *Leçons de géométrie différentielle*, vol. I, 1947, Bucarest, p. 263.
([3]) *Bull. Scient.* (*Ac. R. P. R.*), Bucarest, 1949.

maximum appartiennent à cette catégorie et qu'ils sont des espaces projectifs plans, donc ils ont le tenseur de Weyl, W, nul.

Si le tenseur W n'est pas nul, l'espace possède au moins une composante γ^a_{bcd} du tenseur de courbure différente de zéro, avec $a \neq b$, c, d, donc $n \geqq 3$. Considérons le cas où $b = c$. En ce cas le groupe maximum de transformations en lui-même de l'espace possède au plus $n^2 - 2n + 5$ paramètres. En effet, on peut avoir $\gamma^1_{223} = 1$, $\gamma^\alpha_{223} = 0 (\alpha > 1)$ et les équations

$$(1) \qquad \gamma^{1a}_{efg} c^e_b c^f_c c^g_d = \gamma^f_{bcd} c^a_f,$$

pour $(a\ b\ c\ d)$ égaux à $(a\,223)$, $(1\,323)$, $(1\,k\,23)$, $(122\,k)$, $(k \geqq 4)$, peuvent être résolues par rapport aux c^a_1, c^2_3, c^2_k, c^3_k.

Ce maximum est atteint, pour l'espace

$$(2) \qquad \Gamma^1_{22} = x^3,$$

les autres composantes de la connexion affine étant nulles. Cet espace possède le groupe

$$x'^1 = b^2 c x^1 + \frac{b^2 a}{6}(x^2)^3 + \frac{b^2 \gamma}{2}(x^2)^2 + \alpha_j x^j + \alpha,$$
$$x'^2 = b x^2 + \beta, \qquad x'^3 = c x^3 + a x^2 + \gamma,$$
$$x'^i = a^i_j x^j + a^i \qquad (i = 4, \ldots, n;\ j = 2, \ldots, n),$$

où b, β, c, a, γ, α_j, α, a^i_j, a^i sont $n^2 - 2n + 5$ constantes arbitraires.

Si la composante non nulle du tenseur de courbure a les indices a, b, c, d distincts, donc $n \geqq 4$ le groupe maximum peut avoir $n^2 - 3n + 8$ paramètres car en supposant $\gamma^1_{234} = 1$, $\gamma^\alpha_{234} = 0$, les équations (1) peuvent être résolues par rapport à c^a_1, c^2_3, c^2_4, c^3_2, c^4_2, c^2_k, c^3_k, c^4_k $(k \leqq 5)$. Ce maximum est atteint comme nous montre l'espace

$$(4) \qquad \Gamma^1_{23} = x^4,$$

les autres composantes de la connexion affine étant nulles. Quant au groupe, il peut s'écrire

$$x'^1 = b(\rho c - a\lambda)x^1 + u x^2 + \alpha_j x^j + \alpha,$$
$$x'^2 = b x^2 + \beta, \qquad x'^3 = c x^3 + a x^4 + \gamma,$$
$$x'^4 = \lambda x^3 + \mu x^4 + \delta, \qquad x'^i = a^i_j x^j + a^i \qquad (i \geqq 5,\ j \geqq 2),$$

où u est la fonction quadratique

$$u = \frac{1}{2} b\lambda c (x^3)^2 + \frac{1}{2} b a \rho (x^4)^2 + b a \lambda x^3 x^4 + \delta b (c x^3 + a x^4).$$

On peut remarquer que les deux espaces (2), (4) sont des espaces de Kagan, $n - 2$ fois projectifs [4], les courbes autoparallèles étant des cubiques

---

[4] *Voir* G. VRANCEANU, *Bulletin Mathématique de la Soc. Roumaine des Sc.*, 48, 1947, p. 43.

planes. Ils sont aussi des espaces symétriques de Cartan, car le tenseur dérivé du tenseur de courbure est nul.

Si l'on considère maintenant un espace à connexion projective P_n, avec $W \neq 0$ on montre, en utilisant les dérivées des équations (1), pour $(abcd)$ égaux à (1223) ou (1234), que le groupe de l'espace P_n possède le même nombre maximum de paramètres que l'espace A_n correspondant, donc dans le cas où l'espace possède effectivement ce nombre maximum, les groupes des P_n et A_n coïncident. Nous avons donc le théorème

Un espace à connexion affine ou projective, dont $W \neq 0$, *possède un groupe ayant au maximum* $n^2 - 2n + 5$ *ou* $n^2 - 3n + 8$ *paramètres, suivant* ([5]) *que les composantes de la courbure* γ^a_{bcd} *sont toutes nulles ou non, pour* a, b, c, d *distincts et ces maximums sont atteints.*

Il en résulte aussi que les collinéations (transformations en elles-mêmes des courbes auto-parallèles) coïncident dans le cas d'un espace à tenseur $W \neq 0$ et à groupe maximum, avec les transformations affines des courbes auto-parallèles.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur un procédé nouveau de mesure de la température d'une cathode thermionique.* Note (*) de MM. **P. Gandin** et **Robert Champeix**, présentée par M. Camille Gutton.

I. Considérons une cathode thermionique émettant, dans le vide, des électrons vers une anode. On sait que, lorsque celle-ci est portée à un potentiel retardateur — V par rapport à la cathode, le courant est représenté par l'équation

$$I = I_s e^{-\frac{Vq}{kT}}, \tag{1}$$

où I_s est le courant de saturation de la cathode, T sa température absolue, q la charge de l'électron et k la constante de Boltzmann.

On a fréquemment utilisé cette formule pour mesurer T, en traçant la droite

$$\log_{10} I = f(V).$$

En effet, en appelant V_1, V_2, I_1, I_2, les coordonnées de deux points situés sur cette droite, on trouve pour T

$$T = 0{,}434 \frac{q}{k} \frac{V_1 - V_2}{\log_{10} \frac{I_1}{I_2}}.$$

([5]) I. P. Egorof a donné $n^2 + n - 1$ comme limite supérieure des nombres des paramètres des groupes des espaces à connexion projective (*Doklady Akad. Nauk.*, n° 4, 61, 1948, p. 605).

(*) Séance du 29 août 1949.

On reproche à ce procédé d'être long, car il oblige de tracer point par point la droite $\log I = f(V)$, et de manquer de précision, les valeurs de V_1 et de V_2 étant nécessairement voisines, ce qui peut conduire à des erreurs importantes sur la différence $V_1 - V_2$ et par conséquent sur T.

II. Nous avons donc imaginé la méthode suivante :

Dérivons l'équation (1) par rapport à V. Il vient :

$$\frac{dI}{dV} = -I_s e^{-\frac{Vq}{kT}} \frac{q}{kT} = -\frac{qI}{kT}.$$

Or dI/dV n'est autre que l'inverse de la *résistance différentielle* ρ de l'intervalle cathode-anode, telle qu'on peut la mesurer avec un pont à courant alternatif. On a donc

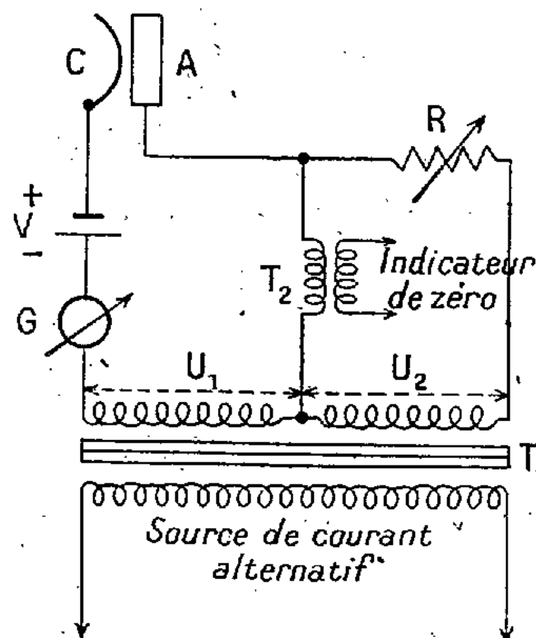
$$T = \frac{\rho q I}{k}$$

ou encore

$$T = 11600 \rho I,$$

cette dernière formule donnant T en degrés absolus, en prenant ρ en ohms et I en ampères.

Estimons l'erreur possible avec un tel procédé. La résistance ρ peut, avec un montage soigné, être mesurée avec une précision de l'ordre de 1 %. C'est également une précision du même ordre que l'on peut attendre de la mesure de I. On peut donc connaître T avec une incertitude d'environ 2 %, ce qui correspond à $\pm 20°$ pour $T = 1000°K$. Remarquons que cette précision est aussi bonne, sinon meilleure que celle que l'on peut obtenir avec un pyromètre



optique, compte tenu des difficultés de mesure du pouvoir émissif spectral de la cathode.

III. Nous avons adopté le schéma de principe de la figure ci-dessus.

Un transformateur T_1 dont le primaire est alimenté en courant alternatif

comporte deux secondaires donnant des tensions U_1 et U_2 égales et en opposition de phase.

Nous avons déterminé expérimentalement que ces tensions doivent être inférieures à 0,01 V si l'on ne veut pas perturber le fonctionnement du tube.

V est la tension retardatrice réglable, G le galvanomètre de mesure du courant électronique, R la résistance étalon, T_2 le transformateur d'entrée de l'indicateur de zéro.

Si l'on alimente T_1 en courant de fréquence musicale, l'indicateur peut être avantageusement constitué par un amplificateur et un haut-parleur. L'emploi des transformateurs T_1 et T_2 permet de n'introduire dans le circuit du courant électronique que des résistances absolument négligeables devant ρ.

Il faudra évidemment s'assurer, pour chaque mesure, que la charge d'espace ne se fait pas sentir. On le vérifiera en mesurant T pour diverses valeurs du courant. Si la charge d'espace existe, on trouve pour T des valeurs apparentes de plus en plus élevées quand I augmente.

Signalons enfin que l'on peut facilement réaliser avec ce dispositif un appareil à lecture directe de T. Il suffit pour cela de donner à R une valeur fixe, et d'agir sur V, ce qui fait varier I, de façon à obtenir l'équilibre du pont. Le galvanomètre pourra alors être étalonné en valeurs de T. En particulier, si l'on donne à R la valeur 86200 Ω, on obtiendra

$$T = 1000\,I,$$

I étant pris en microampères.

Dans une Note ultérieure nous donnerons des résultats comparatifs des mesures effectuées avec ce procédé et les procédés classiques, tels que pyromètre optique ou thermocouple.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'oxydation du cérium et du lanthane.* Note (*) de M. **Jean Loriers**, présentée par M. Paul Lebeau.

Parmi les métaux des Terres Rares actuellement isolés, le cérium paraît être le seul à posséder des propriétés fortement pyrophoriques. Le lanthane, par exemple, ne présente pas cette particularité; pourtant les chaleurs de réaction donnant les oxydes stables sont voisines : 235000^{cal} pour CeO_2 et 228000^{cal} pour La_2O_3, par atome-gramme de métal.

Le caractère pyrophorique d'un métal devant être lié au mécanisme de son oxydation, il a paru intéressant d'entreprendre, à ce point de vue, l'étude comparée du cérium et du lanthane.

Des échantillons parallélépipédiques de ces deux métaux ayant une surface d'environ 1^{cm^2} ont été chauffés à température croissante (6° par minute), sous

(*) Séance du 25 juillet 1949.

pression atmosphérique, dans l'oxygène sec. Leur vitesse d'oxydation est suivie par analyse thermique différentielle, en mesurant l'écart de température entre un corps de référence qui suit la température du four, et le métal rare qui s'échauffe davantage par suite de l'oxydation.

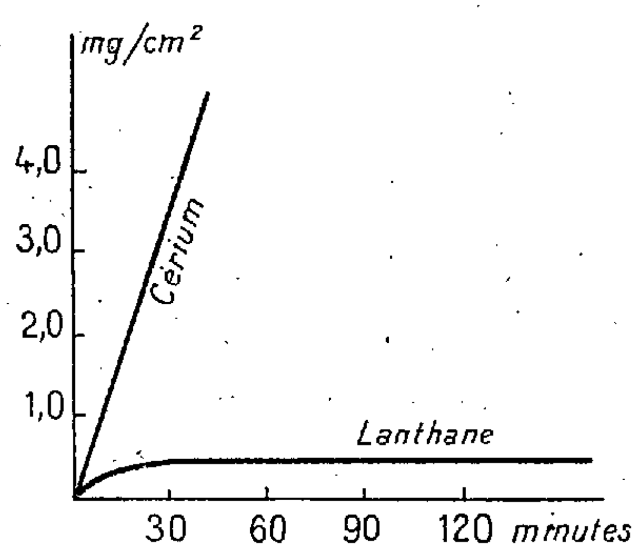
La vitesse d'oxydation du lanthane est faible jusqu'au voisinage de son point de fusion. A 845° C, on ne note pas encore de différence appréciable entre la température de l'échantillon et celle du four.

Au contraire, sur un bloc de cérium, l'échauffement dû à l'oxydation, assez faible jusque vers 300° C, croît ensuite rapidement jusqu'à provoquer l'inflammation du métal vers 320° C. Ce dernier brûle alors dans toute sa masse, avec un grand dégagement de chaleur en donnant du CeO_2 fondu (température de fusion supérieure à 2500° C).

D'autre part, les variations de poids à température fixe, évaluées au moyen d'une thermobalance permettant d'opérer dans l'oxygène, ont montré :

que la courbe d'oxydation du lanthane en fonction du temps est comparable à celle des métaux à oxyde protecteur, comme l'aluminium;

que la vitesse d'oxydation du cérium à une température donnée reste constante avec le temps, ce qui classe ce métal parmi ceux que leurs oxydes ne protègent pas (calcium par exemple).



Les courbes représentent l'augmentation de poids par unité de surface (1^{cm^2}) en fonction du temps, d'échantillons de cérium et de lanthane chauffés à 300° C dans l'oxygène.

L'application de la règle des volumes équivalents ([1]) permet d'expliquer facilement l'effet protecteur de La_2O_3. En effet, l'oxyde ayant un volume équivalent plus grand que celui du métal ($24^{cm^3},7$ et $22^{cm^3},5$), forme sur ce dernier une couche continue qui le préserve de l'oxygène.

Mais il semble qu'il y ait contradiction entre la rapide oxydation du cérium

([1]) F. Trombe et M. Foëx, *Ann. Chim.*, 2e série, **18**, 1943, p. 97.

et la valeur du volume équivalent du bioxyde ($23^{cm^3},5$ et $20^{cm^3},6$ pour Ce). CeO_2 devrait être aussi protecteur que La_2O_3. Les résultats ne peuvent s'expliquer que si l'on admet la formation, au voisinage du métal, de composés moins oxydés que CeO_2, par exemple Ce_2O_3 cubique, de faible densité, qui n'a pas été isolé, mais dont l'existence est très probable (²). Un tel oxyde couvrirait bien le métal, mais serait lui-même transformé rapidement en CeO_2, n'étant pas protégé par le bioxyde de plus faible volume équivalent. Ainsi l'oxydation se poursuivrait par renouvellement continuel de la couche intermédiaire d'oxyde inférieur.

Cette conclusion est en accord avec l'hypothèse formulée par Marc Foëx, à la suite de ses recherches sur la réduction du CeO_2 par l'hydrogène (³). Cet auteur avait pensé que le caractère pyrophorique du cérium dans l'air était dû à la formation transitoire d'oxydes inférieurs de structure lacunaire, cristallisant dans le système cubique, type fluorine, comme le bioxyde, mais possédant un volume équivalent plus grand que celui de ce dernier.

En résumé, le sesquioxyde La_2O_3, qui correspond à l'unique valence du lanthane, forme sur ce dernier une pellicule qui n'est pas détériorée au contact de l'oxygène, et qui protège efficacement le métal.

Pour le cérium, au contraire, l'existence d'un oxyde supérieur ayant un volume équivalent plus faible que celui du sesquioxyde, paraît limiter à une faible épaisseur la couche protectrice, qui se trouve détruite à mesure de sa formation.

Cette interprétation de l'oxydation du cérium a été confirmée par des études de diffraction d'électrons, faites sur des surfaces de cérium meulé sous vide, par la méthode mise au point par R. Courtel (⁴). Les mesures entreprises en collaboration avec cet auteur semblent notamment prouver qu'il se formerait effectivement Ce_2O_3 cubique sur le métal, CeO_2 n'apparaissant que par une oxydation plus poussée.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Existence dans le fer et l'acier d'une évolution réversible, à basse température, de la fragilité due à l'hydrogène.* Note (*) de MM. **Paul Bastien** et **Pierre Azou**, présentée par M. Albert Portevin.

L'hydrogène, introduit dans le fer ou l'acier extra-doux recuit par attaque à l'acide ou chargement électrolytique, provoque un phénomène bien connu

(²) A. Bommer, *Z. anorg. Chem.*, **241**, 1939, p. 273; A. Iandelli, *Gazetta chimica italiana*, **127**, 1947, p. 312.

(³) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 660.

(⁴) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 792.

(*) Séance du 5 septembre 1949.

de baisse de la capacité de déformation du métal et, de plus, une diminution de sa contrainte réelle de rupture et de sa cohésion ([1]) ([2]). Ces conséquences du chargement en hydrogène conservent leur caractère, en dessous de la température ambiante, mais, ainsi que nous l'avons signalé ([2]), des anomalies curieuses commencent à apparaître à partir de —110°C.

Ce comportement, que nous venons d'étudier en détail, a les caractères suivants : un acier, rendu fragile par chargement en hydrogène à la température ordinaire, perd cette fragilité dans une zone de température située en dessous de —110°C, mais celle-ci réapparaît si le métal revient à une température située au-dessus de cette zone. C'est ainsi qu'un acier à 0,15 % de carbone recuit, chargé en hydrogène par attaque ou par électrolyse de 48 heures dans une solution aqueuse d'acide chlorhydrique à 10 % et présentant par suite, à l'ambiante et jusque vers — 110°, une fragilité considérable, possède à la température de l'air liquide, les mêmes caractéristiques que l'acier non chargé, comme le montrent les résultats suivants ([3]) :

	Valeur des caractéristiques					
	à +18°C		à — 70°C.		à — 160°C	
État du métal.	τ kg/mm².	Σ %.	τ kg/mm².	Σ %.	τ kg/mm².	Σ %.
Non chargé en hydrogène...	105,5	74	107	69	129	48
Chargé par attaque à l'acide.	79	56	75,5	37,5	128	47
» électrolyse......	79	58	73	39	129,5	48

Cette évolution est réversible car l'acier chargé en hydrogène retrouve, après séjour dans l'air liquide et retour à l'ambiante, les mêmes caractères de ragilité que s'il n'a pas subi le séjour à basse température. La disparition de la fragilité due à l'hydrogène, à basse température, ne résulte donc pas d'un départ de ce gaz; nous avons d'ailleurs vérifié directement qu'un acier chargé en hydrogène par 24 heures d'électrolyse dégage la même quantité de ce gaz dans les trois conditions suivantes : *a*. à l'ambiante, après chargement; *b*. après chargement, séjour à —160° et retour à l'ambiante; *c*. après chargement, séjour sous tension à —160°, suivi d'une rupture par traction à l'ambiante.

Le phénomène peut, à notre avis, s'expliquer de la façon suivante : la fragilité par l'hydrogène est due à la pression du gaz dans les lacunes de la structure cristalline du métal, pression engendrant des contraintes triaxiales contrariant les déformations plastiques par glissement. Sous l'effet de l'abaissement de température, l'agitation thermique de l'hydrogène contenu dans ces lacunes diminue; de plus, à partir de — 110°, il y a modification de

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1337-1339.
([2]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1651-1653.
([3]) τ, contrainte réelle de rupture; Σ, striction.

la concentration de l'hydrogène adsorbé sur les parois des lacunes par passage du régime de l'adsorption activée à celui de l'adsorption physique : or, l'adsorption activée de l'hydrogène par le fer est nettement plus faible (Dav et Taylor, Pease et Stewart, Baston et White) que l'adsorption physique (Benton, Nikitin). Il résulte de ces deux actions concordantes, une baisse de la pression, due à l'hydrogène, dans les lacunes avec diminution corrélative des contraintes triaxiales engendrées et disparition de la fragilité. Par élévation de la température, les phénomènes inverses se produisent avec réapparition de la fragilité due à l'hydrogène.

Ce phénoméne, pour la première fois signalé et étudié à notre connaissance, montre bien, par sa réversibilité, que la fragilité par l'hydrogène résulte d'actions de pressions et de contraintes triaxiales localisées et non d'un effet d'écrouissage du métal. Jusqu'ici la disparition de la fragilité due à l'hydrogène résultait de l'action du temps ou d'une élévation de la température et s'interprétait généralement comme résultant du départ d'une partie de l'hydrogène chargé, mais il restait possible de songer à un effet concomitant de restauration du métal. Ici la disparition de la fragilité due à l'hydrogène s'obtient par abaissement de la température et peut évoluer réversiblement, sans départ d'hydrogène, la réapparition de la fragilité s'obtenant par échauffement. Ceci montre bien que l'effet d'écrouissage n'est que secondaire dans le phénomène de fragilité du fer sous l'effet de l'hydrogène et que l'élimination de cette fragilité peut se faire dans des conditions excluant toute possibilité de restauration du réseau.

GÉOLOGIE. — *Définition d'un étage Ouljien.*

Note (*) de M. **Marcel Gigout**, transmise par M. Paul Fallot.

Le littoral atlantique du Maroc, que j'ai étudié en détail de Casablanca à Jorf el Youdi (12^{km} Sud de Safi), ainsi qu'à Rabat, porte de nombreuses traces d'une mer de + 5 à 8^{m} sous forme : *a.* de plages sableuses consolidées [1], [2], contenant jusqu'à + 8^{m} des coquilles appartenant aux espèces caractéristiques de la faune marine actuelle; *b.* de cordons littoraux de galets [1], jusqu'à + 10^{m}; *c.* de falaises mortes [1], [2], [3], [4], montrant des anfractuosités avec surplomb, polies par la mer, jusqu'à + 10^{m}; ces falaises fossiles sont plus ou moins élevées; en plusieurs points elles sont entièrement comprises au-dessous de 15^{m} [S^{i} b. Zid près Mazagan [1], Aïnel Kédid [1], etc.], ce qui exclut la confusion avec le classique niveau de 18-20^{m} également représenté sur le littoral marocain.

(*) Séance du 4 juillet 1949.

(1) *C. R. Som. S. G. F.*, 1948, p. 26.

(2) *Ibid.*, 1947, p. 185.

(3) *Ibid.*, 1946, p. 328.

(4) *Ibid.*, 1947, p. 53.

Cette mer de 5-8^m correspond au maximum d'une transgression qui a érodé des dunes érigées pendant le retrait de la mer de 18-20^m [coupe de St Moussa (4), golfes de Mazagan (5), etc.]. D'autre part, les dunes formées sur le domaine abandonné par la mer de 5-8^m ont été à leur tour rongées par la transgression qui a établi le zéro actuel [coupe de Oualidia (4), de S^t b. Zid près Mazagan, etc.].

Cet épisode du Quaternaire récent a été minutieusement suivi vers le Sud par M. J. Lecointre (2) jusqu'aux environs d'Agadir. Il est donc constant et remarquable sur le littoral atlantique marocain. Des plages fossiles ont été signalées à la même altitude sur les côtes de l'Europe occidentale (4), notamment au Portugal.

La théorie des oscillations marines quaternaires de Ch. Depéret paraît bien s'appliquer, dans ses grandes lignes, au Maroc atlantique; cela ressort de travaux de MM. G. Choubert, J. Dresch, G. Lecointre, J. Marçais, R. Neuville et A. Ruhlmann, etc., et des miens. Il en est de même au Portugal, d'après les travaux récents de G. Zbyszewski (6). Je propose de donner un nom à l'oscillation positive de 5-8^m. Cet épisode est distinct de l'ancien Monastirien de Ch. Depéret (niveau de (18-20^m) qui le précède. Certains auteurs l'ont désigné sous le nom de Monastirien II. Les termes de Grimaldien (7) et de Normanien (8) ne peuvent lui convenir, étant employés indifféremment pour des lignes de rivage entre 20^m et le zéro.

L'Oulja est, au Maroc, une gouttière littorale, large de 1^km en moyenne, située généralement entre la falaise morte qui marque le maximum transgressif de la mer de 5-8^m, et le cordon des dunes consolidées édifiées avec les sédiments laissés par cette mer à son retrait. Le terme *Ouljien* me paraît convenir pour désigner la transgression de + 5 à 8^m. Celle-ci s'intercale entre la quatrième pulsation transgressive quaternaire (niveau de 18-20^m) et la sixième (ou Flandrien).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La circulation et l'utilisation des glucides pendant la floraison d'*Iris pallida. Note de M. **Jules Carles**, présentée par M. Raoul Combes.

La tige d'*Iris pallida* est un organe saisonnier d'environ 50^cm qui porte 4 ou 5 fleurs successives et se dessèche ordinairement après la floraison sans produire de graines. La mise au point d'un microdosage des sucres réducteurs (adaptation de la méthode Fontès et Thivolle) nous a permis, grâce à

(5) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1101.
(6) *Bolet. da Sociedade geol. de Portugal.*, 2, 1943.
(7) J. Bourcart, *Bull. S. G. F.*, (5), 8, 1938, p. 393.
(8) L. Dangeard, *C. R. Som. S. G. F.*, 1936, p. 161.

plusieurs centaines d'analyses, de préciser sur cette tige plusieurs détails de la circulation et de l'utilisation des glucides au moment de la floraison.

Les glucides ici présents sont le saccharose, le glucose et le fructose. Les dosages ont été effectués sur le bas de la tige et sur sa partie supérieure, au-dessous de la plus haute fleur, sur l'ovaire et sur les différentes parties de la fleur, sur l'un des sépales en particulier. Des analyses comparatives ont été faites pendant la floraison au matin et au soir d'une belle journée ensoleillée, et plus tard sur des fleurs fanées ou même desséchées. Les glucides étant toujours en solution dans l'eau, nous les avons dosés par rapport à la quantité d'eau présente, et ce rapport seul nous fournit des chiffres comparables. Quelques dosages des protides ont été, par symétrie, ramenés eux aussi à cette quantité d'eau.

	Poids sec (%) de frais.	Glucides.	Oses.	Saccharose.	Protides.
Floraison :					
Bas de la tige	8,2	2,75	2,5	0,25	0,35
Haut de la tige	10,5	2,6	2,3	0,3	1,1
Ovaire – Matin	7,8	2,4	1,6	0,8	2
Ovaire – Soir		2,3	1,2	1,1	
Sépale – Matin	7	2,6	2,3	0,3	1,2
Sépale – Soir		2,4	1,85	0,55	
Fleurs fanées :					
Bas de la tige	9,2	3,75	3,65	0,1	
Haut de la tige	12	2,5	1,6	0,9	
Ovaire	9,1	2,9	2,7	0,2	
Sépale	20	2,2	1,4	0,75	
Fleurs sèches	90	2,4	0,32	2,1	

La plus grande concentration des glucides se trouve au bas de la tige, près de leur source ; elle diminue progressivement à mesure qu'on s'en éloigne, sauf dans les sépales où la perte d'eau augmente la concentration. L'apport des glucides en provenance du rhizome subvient à la consommation et rattrape pendant la nuit le retard pris pendant une journée fortement ensoleillée qui fait passer leur total de 2,6 à 2,4 dans les sépales, de 2,4 à 2,3 dans l'ovaire, tandis que ces variations ne se font pas sentir dans la tige.

Lorsque les fleurs sont fanées, il semble que s'établisse un courant inverse qui ramène les glucides des sépales vers l'ovaire et du haut vers le bas. Ce courant est indépendant de celui de l'eau qui chemine rapidement dans les vaisseaux répondant à l'appel de la transpiration, mais ne redescend pas et se concentre jusqu'à disparaître, tandis que diffusent vers le bas les glucides dissous : dans les sépales flétris dont le poids sec est passé de 7 à 20 %, et même dans la fleur desséchée (90 % de poids sec) la concentration des glucides en solution ne varie guère.

Rien de surprenant dans ces chiffres et cette circulation, mais il nous faut tenir compte de la consommation. La proportion du saccharose et des oses va nous éclairer un peu là-dessus. Les oses l'emportent de beaucoup sur le saccharose, 10 fois moins important au point de départ, mais cette proportion augmente tout au long de la tige et passe du dixième au huitième, puis brusquement, à la moitié dans l'ovaire, pour retomber au huitième dans les sépales. Une journée ensoleillée augmente encore cette proportion et lui fait atteindre presque le tiers dans les sépales et presque l'égalité dans l'ovaire. Si le saccharose venait du rhizome, en même temps que les oses, il faudrait supposer une rapidité considérable de l'apport et une consommation d'oses beaucoup plus importante que celle que nous révèle l'examen des fleurs coupées. Il faut donc admettre une synthèse du saccharose à partir des oses, au moment de l'arrivée dans l'ovaire, synthèse assez lente, mais qui s'accélère pendant les heures chaudes de la journée.

Dans la fleur en bouton, le saccharose est aussi abondant que les oses, mais sa proportion diminue dans le périanthe d'abord, puis, lors de la fanaison, dans l'ovaire, jusqu'à tomber au-dessous du dixième. Les diastases interviennent ici et les tissus les plus actifs en sont les mieux pourvus. Pour une même quantité de tissus broyés, le broyage surexcitant l'activité hydrolysante, nous avons constaté que les sépales possèdent 2 fois plus de diastases que l'ovaire, 4 fois plus que le haut de la tige et 6 fois plus que le bas.

La consommation est souvent plus rapide que l'hydrolyse, et cela de plus en plus à mesure que la fleur vieillit. L'analyse des fleurs sèches montre que plus des 9/10 des glucides ont disparu tandis que la masse totale du saccharose n'a pas beaucoup diminué. Il semble que les diastases hydrolysantes aient cessé d'agir: les oses en solution sont en partie utilisés et en partie diffusés vers le bas de la tige avec une plus grande rapidité que le saccharose et cette double circonstance explique ici cette surprenante dominance du saccharose et dans le bas de la tige celle des oses.

La floraison voit s'installer une double circulation, du type diffusion et du type concentration. La première s'explique par le point de départ, et la richesse des produits va diminuant à mesure qu'on s'en éloigne; la deuxième s'explique par le point d'arrivée où les produits s'accumulent. Au premier type appartiennent essentiellement les oses, substance dynamique dont les besoins sont constants et dont il n'est pas fait de réserves; du deuxième type se rapproche le saccharose dont la teneur rappelle par ses variations celle des protides, substances éminemment plastiques.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la préparation et les propriétés physiques des essences sulfurées des tourteaux de graines de Crucifères.* Note de MM. **Émile André** et **Pierre Delaveau**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours de ces dernières années, l'un de nous, en collaboration avec Mme Kogane-Charles, a montré dans une série de publications parues dans ce *Recueil* ou aux *Annales agronomiques*, que le crotonylsénevol n'est pas le seul composé organique sulfuré que l'on rencontre dans les essences de colza et de navette. On y trouve aussi des produits malodorants volatils appartenant pour partie au groupe des mercaptans; ils préexistent dans les graines et sont partiellement entraînés dans les huiles fixes pendant leur extraction. Ces constatations nous ont amenés à reprendre l'étude de ces essences et nous avons dû nous outiller pour en préparer des quantités un peu importantes. Pour cela nous avons fait construire spécialement un alambic en aluminium, parce que ce métal n'est pas attaqué par les composés sulfurés au contact desquels il se trouve. L'appareil permet de traiter en une fois 5 à 6^{kg} de tourteau pulvérisé, préalablement délayé dans quatre fois son poids d'eau à 60° et additionné de 5 % de farine de graines de moutarde blanche finement broyées. Cette farine apporte une quantité supplémentaire de myrosinase qui accélère le dédoublement du glucoside à sénevol sans troubler la composition de l'essence qui distille. Après 5 à 6 heures de macération la purée claire est versée dans l'alambic et l'on procède à l'entraînement des produits volatils par la vapeur. On distille 12^{l} d'eau pour 5^{kg} de tourteau. On constate que l'odeur dégagée en premier lieu n'est pas une odeur de moutarde, mais une odeur de choux. Des gouttes d'essence sont mélangées à l'eau, généralement laiteuse, parfois claire, qui distille d'abord; l'odeur de moutarde ne vient qu'ensuite. En général les premiers litres distillés laissent s'accumuler à leur surface une quantité relativement grande d'essence; les suivants en contiennent moins, les derniers sont limpides ou à peine troubles et presque inodores.

Les liquides lactescents sont placés dans de grandes ampoules à décanter. Après quelques heures de repos on soutire l'eau et l'on recueille l'essence qui surnage. Nous appelons cette première fraction essence A. Les eaux laiteuses soutirées sont versées dans un ballon de grande capacité et soumises à une nouvelle distillation jusqu'à ce que le liquide qui s'écoule soit clair et à peu près inodore. On procède de même pour les derniers litres provenant de la première distillation. Des nouveaux distillats on sépare une seconde fraction que nous appelons essence B. Enfin, les eaux de décantation de l'essence B sont additionnées de sel marin jusqu'à saturation et agitées ensuite à deux reprises avec de l'éther. Les solutions éthérées sont séchées sur sulfate de sodium anhydre et distillées. Elles laissent comme résidu une troisième fraction d'essence que nous appelons essence C.

Nous avons pratiqué cette série d'opérations sur quatre tourteaux de colza d'origine différente que nous avons désignés soit par le nom de l'Huilerie, soit par le nom de la localité d'origine. Nous faisons suivre les noms donnés de la quantité totale d'essence obtenue, en réunissant les fractions A, B et C.

Nous avons mis en regard de ces chiffres la quantité qu'on aurait dû obtenir d'après le dosage pratiqué sur chaque tourteau par la méthode au nitrate d'argent de Gadamer (Griffiths, $0^g,34$; Linière, $0^g,39$; Grignon, $0^g,26$; Ferté-Milon, $0^g,25$ pour cent grammes).

Quantité de tourteaux mise en œuvre : 5^{kg}.

Dénomination des tourteaux.	Quantités en grammes d'essence obtenues dans chaque fraction A.	B.	C.	Quantité totale d'essence obtenue.	Quantité théorique à obtenir d'après le dosage.	Rendement % rapporté au rendement théorique.
Griffiths	1,5	4	4,5	10,0	17,0	58
Linière............	6,7	7,3	1,6	15,6	19,4	80
Grignon............	2,3	5,3	1,0	8,6	13,0	66
Ferté-Milon	(1)	6,1	2,2	8,3	12,5	66

(1) Pas de récolte, émulsion stable.

Nous nous contenterons d'insister sur l'écart important qui existe entre les rendements réels et les rendements théoriques calculés d'après les chiffres fournis par les dosages. Nous estimons que les pertes sont pour une large part imputables à l'existence des composés sulfurés volatils qui passent au début de la distillation. Bien que le liquide distillé soit toujours reçu sur de la glace pilée, l'odeur répandue dans la pièce prouve que des substances *incondensables* s'échappent dans l'atmosphère. Un dispositif spécial devra être installé pour tenter de les recueillir et de les étudier. Les rendements réels ont oscillé entre 58 et 80 %, différence qui indique nettement que la proportion de ces substances varie d'un échantillon de tourteau à l'autre.

Pour terminer, nous avons fait figurer dans le tableau suivant les principales propriétés physiques, densité, indice de réfraction, activité optique de toutes les fractions d'essences qui nous ont passé par les mains.

Tourteaux.		Griffiths.	Linière.	Grignon.	Ferté-Milon.
Densité des fractions $D_{4°}^{0°}$	A	0,999	0,999	0,999	pas de récolte
	B	0,986	0,997	0,999	0,999
	C	0,991	0,997	0,998	0,998
Indice de réfraction..	A	1,5202	1,5183	1,5188	pas de récolte
	B	1,5118	1,5158	1,5193	1,5195
	C	1,5160	1,5160	1,5175	1,5175
Pouvoir rotatoire....				nul	

Les données ci-dessus montrent que le tourteau Griffiths (origine

Pas-de-Calais) a fourni une essence qui présente certaines particularités par rapport aux trois autres. Aussi croyons-nous pouvoir conclure qu'il existe non pas une, mais des essences de graines de colzas.

BIOCHIMIE BACTÉRIENNE. — *Sur la réactivation de bactéries stérilisées par le rayonnement* U V. Note (*) de M. **Jacques Monod**, Mlle **Anne-Marie Torriani** et Mme **Madeleine Jolit**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Au cours d'expériences sur l'induction de mutations chez les bactéries soumises au rayonnement UV nous avons observé que, dans une population irradiée, la proportion d'individus *survivants* (c'est-à-dire capables de donner naissance à une colonie) était accrue dans des proportions considérables lorsque les suspensions étaient ensemencées en présence de très faibles concentrations d'extraits obtenus à partir de bactéries diverses ou d'organes du Lapin. L'expérience résumée par le tableau I donne un exemple de cet effet.

Les bactéries (*Escherichia coli*, souche K 12) sont cultivées en milieu synthétique glucosé à 37° C en fioles agitées. On utilise des cultures de 18 heures qui sont diluées (dans une solution tampon de citrate de Na, M/20, pH 7,5) de façon à obtenir une suspension contenant 10^6 germes environ par centimètre cube. Cette suspension est irradiée pendant 30 secondes en couche mince, avec agitation, à 60^{cm} d'une lampe Gallois, à haute tension et basse pression. Après irradiation, la suspension est diluée au 1/10. Des échantillons de $0^{cm^3},1$ sont mélangés à 2^{cm^3} de gélose à 6 ‰, liquide, (maintenue à 42°), préalablement additionnée de la solution à essayer. Après mélange la gélose liquide est étalée à la surface de boîtes de Petri contenant 20^{cm^3} de milieu gélosé. On compte les colonies apparues après 18 heures à 37°. Le nombre des bactéries ensemencées était donc d'environ 10000. La fraction d'individus survivants (dans les témoins non traités) était de l'ordre de 10^{-4}. Les extraits actifs étaient obtenus par broyage des bactéries, ou des organes, et extraction par un tampon citrate M/20. Comme on le voit, le nombre de colonies, c'est-à-dire d'individus *survivants*, est beaucoup plus élevé dans les boîtes contenant les extraits que dans les témoins.

L'activité des extraits était détruite par chauffage à 70° pendant 10 minutes. En revanche, les extraits dialysés conservaient leur activité. Ces faits suggéraient que l'activité était due à un enzyme. Des essais de fractionnement (acétone, alcool, sulfate d'ammoniaque, chloroforme) nous conduisirent à supposer que l'effet pouvait être lié à la présence (constante dans les fractions actives) de catalase. Cette hypothèse fut confirmée par l'essai de préparations de catalase purifiée, préparations qui se montrèrent douées d'une extrême activité. On devait cependant considérer l'hypothèse que l'effet fut lié, non à

(*) Séance du 1er août 1949.

l'activité de la catalase, mais à la présence d'une impureté dans les préparations. Cette hypothèse semble écartée du fait qu'une préparation purifiée de peroxydase du raifort se montra également active. Enfin, un effet analogue, encore que moins accentué, pouvait être obtenu en présence de sulfate ferreux (à 0,05 %, concentration finale dans la gélose) dont l'activité peroxydasique est bien connue.

Ces observations montrent donc qu'une fraction importante (jusqu'à 20 %) d'une population de bactéries stérilisées par le rayonnement UV peut être réactivée sous l'influence de substances à activité catalasique ou peroxydasique.

On sait d'autre part (selon les observations récentes qui ont éveillé un vif intérêt) que des suspensions de spores de *Streptomyces* (1) ou de bactériophages (2) stérilisées par le rayonnement UV peuvent être partiellement réactivées par le rayonnement visible. Or, on sait aussi que la lumière visible, dans la région qui confine à l'ultraviolet, décompose H_2O_2. Une comparaison des deux effets s'impose donc. Les quelques expériences que nous avons réalisées sur *E. coli* ne permettent pas de conclure, soit à l'identité essentielle, soit à la non-identité des deux phénomènes. On peut noter cependant que, dans les conditions de ces expériences, la lumière visible s'est montrée douée d'un pouvoir réactivant faible ou nul en l'absence de catalase ou de sels de fer. En revanche, l'effet de la catalase semblait dépendre, dans une certaine mesure, de l'illumination des boîtes de Petri immédiatement après l'ensemencement (tableau II). Nos observations peuvent être également rapprochées de celles de Wyss, Clark, Haas et Stone (3) sur la formation de peroxydes dans le bouillon irradié en lumière UV.

Il faut remarquer cependant que l'hypothèse selon laquelle il s'agirait d'une détoxication du *milieu* par destruction de l'eau oxygénée qui s'y formerait pendant l'irradiation ultraviolette paraît insuffisante, même en tenant compte de l'extrême toxicité de l'eau oxygénée (4). En premier lieu, le milieu irradié se trouve dilué quelque deux mille fois dans les boîtes de Petri où sont ensemencées les bactéries. En second lieu, un effet de réactivation par la catalase peut être observé dans certaines conditions avec des bactéries non irradiées, simplement conservées au préalable pendant un certain temps (24 heures) à 37° dans un milieu non nutritif.

---

(1) A. Kelner, *Proc. Nat. Acad.*, Washington, 35, 1949, p. 73.

(2) R. Dulbecco, *Nature*, 163, 1949, p. 949.

(3) *J. Bact.*, 56, 1948, p. 51.

(4) A. Lwoff et M. Morel, *Ann. Inst. Pasteur*, 68, 1942, p. 323.

TABLEAU I. — *Nombre de colonies formées sur gélose par une suspension de bactéries irradiées.*

Gélose ordinaire.	Gélose + extrait de foie dilution finale			Gélose + extrait de cœur dilution finale			Gélose + extrait de *E. Coli* dilution finale		
	$\frac{1}{100}$.	$\frac{1}{400}$.	$\frac{1}{4000}$.	$\frac{1}{100}$.	$\frac{1}{400}$.	$\frac{1}{4000}$.	$\frac{1}{100}$.	$\frac{1}{400}$.	$\frac{1}{4000}$.
0, 1, 0,1	245	245	275	279	60	64	223	167	168

TABLEAU II. — *Réactivation par la catalase et le sulfate ferreux avec ou sans illumination.*

	Obscurité.	Exposition au Nord 1 h.	Soleil 10 min.	Soleil 30 min.
Gélose au milieu synthétique..........	0	0	0	0
» + catalase (0,5 γ : cm³)...........	966	2 300	2 300	346
» + sulfate ferreux (0,05 %).........	577	1 100	1 100	135

BIOCHIMIE MICROBIENNE. — *Une protéinase bactérienne* (Micrococcus lysodeikticus) *nécessitant l'ion calcium pour son fonctionnement.* Note de MM. **Luigi Gorini** et **Claude Fromageot**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons constaté, comme Fleming (¹) l'avait fait avant nous, que les essais habituels ne permettent de déceler aucune activité protéolytique de *Micrococcus lysodeikticus* vis-à-vis de la gélatine ou de la caséine (lait). Mais, utilisant la technique de Costantino Gorini (²), qui consiste à cultiver les microorganismes en tube, sur gélose inclinée, et à introduire le lait sur la culture bien développée, nous avons mis en évidence la coagulation de la caséine, suivie de sa liquéfaction. On peut, de la même façon, observer la liquéfaction de la gélatine. Un enzyme protéolytique peut donc, dans certaines conditions, apparaître dans les cultures de *M. lysodeikticus*. La présente Note décrit quelques propriétés de l'enzyme débarrassé de tout corps bactérien.

La souche de *M. lysodeikticus* utilisée provient de celle originalement isolée par Fleming. Les microorganismes sont cultivés à 26° en boîtes de Roux à la surface du milieu suivant : peptone 10^g, extrait de viande Liebig 25^g, glucose

(¹) *Proc. Roy. Soc. London*, B, 93, 1922, p. 306.
(²) *Rendic. Ist. Lomb. Sci. Lett.*, 67, 1934, p. 787.

8g, chlorure de sodium 5g, agar 25g, eau de source q. s. p. 1000g. Après trois jours, l'agar est lavé trois fois à l'eau distillée, les eaux de lavages étant débarrassées des bactéries par centrifugation, puis réunies. Le liquide obtenu, limpide, de pH voisin de 8, est utilisé comme solution de la protéinase brute. Son activité est mesurée, dans le cas de la gélatine soit par viscosimétrie, soit par la détermination des groupes aminés selon van Slyke-Neill et, dans le cas de la caséine, par le dosage, selon Folin, de la somme tyrosine + tryptophane.

La protéinase en solution, stable plusieurs mois à 0°, perd rapidement son activité à 37°. Sa stabilité la plus grande est à pH 7,7 (tampon borate). L'activité de l'enzyme est maximum à 26°, et à pH 8,6 (tampon borate) lorsque l'enzyme agit sur la gélatine, ou à pH 7,5 (tampon véronal) lorsqu'il agit sur la caséine. L'activité de l'enzyme est insensible à la présence des substances suivantes (10^{-2} M) : hydrogène sulfuré, cystéine, glutathion, acide ascorbique, ferrocyanure et ferricyanure de potassium. L'activité de la protéinase est complètement inhibée par les ions ferreux (4.10^{-3} M) et les ions ferriques (2.10^{-3} M).

La propriété la plus frappante de la protéinase de *M. lysodeikticus* est son inactivité en absence des ions calcium et son instabilité en absence des mêmes ions. L'addition à la solution enzymatique d'un réactif précipitant ces ions ou formant avec le calcium un complexe, inactive plus ou moins rapidement et plus ou moins complètement la protéinase. L'addition de citrate, d'oxalate ou de phosphate alcalin a toujours pour résultat une inactivation de l'enzyme, à la condition que ces réactifs soient en excès par rapport au calcium présent dans la solution enzymatique. La vitesse d'inactivation varie d'un réactif à l'autre : pour une concentration de 10^{-2} M et à 26°, l'inactivation totale est immédiate avec le citrate, moins rapide avec l'oxalate, et nécessite 48 heures dans le cas des phosphates; avec ces derniers, l'inactivation n'est jamais atteinte à 0°. Nous discuterons ultérieurement les raisons de ces différences.

A condition de ne pas trop prolonger le maintien de la préparation enzymatique en l'absence des ions calcium, il est généralement possible de réactiver la protéinase par addition de calcium; mais, ici encore, la nature de l'agent d'inactivation n'est pas indifférente. Avec le citrate, une addition de calcium faite moins de 15 minutes après le début de l'inactivation fait réapparaître la totalité de l'activité; avec l'oxalate, par contre, la réactivation n'est jamais complète. Ces phénomènes sont illustrés par les données numériques du tableau ci-contre :

TABLEAU I.

Inactivation et réactivation de la protéase de M. lysodeikticus.
Activité de la protéase exprimée en pour cent de celle de l'enzyme actif normal.

Substrat.	Mode d'inactivation.	Enzyme inactivé.	Enzyme réactivé par Ca^{++} 10^{-2} M.
Gélatine............	PO_4^{---} puis dialyse	9	51
»	Oxalate	0	50
»	Citrate	0	100
Caséine............	Oxalate	0	60

Avec la préparation d'enzyme utilisée ici, la réactivation par le calcium se fait sentir pour une concentration en Ca^{++} de 10^{-4}M; elle est maximum pour une concentration de 2.10^{-3}M. D'autre part, cette réactivation est une propriété spécifique des ions calcium : aucun des ions métalliques suivants, aux concentrations de 10^{-3}M et de 10^{-2}M, n'est capable de la provoquer : Mg^{++}, Ba^{++}, Sr^{++}, Zn^{++}, Mn^{++}, Cu^{++}, Co^{++}.

Nous pensons apporter ainsi le premier exemple d'une protéinase dont l'activité proprement dite est nulle en l'absence d'un ion métallique. La mise en évidence de la nécessité du calcium pour le fonctionnement d'une protéinase chez *M. lysodeikticus* attire l'attention sur un mécanisme possible de connexion entre l'activité protéolytique de cet organisme et d'autres formes de son métabolisme : tout métabolisme impliquant la production de substances capables de concurrencer de façon quelconque l'enzyme dans la fixation du calcium, est susceptible d'empêcher l'activité protéolytique; en particulier, on peut imaginer qu'un tel mécanisme puisse jouer dans les relations existant entre protéolyse d'une part et métabolisme du glucose d'autre part; ce dernier est susceptible en effet d'être accompagné de la formation de divers acides, notamment de l'acide citrique, dont le rôle serait alors considérable.

BACTÉRIOLOGIE. — *Mise en évidence du noyau chez les bactéries vivantes grâce au dispositif à contraste de phase.* Note de M. **Robert Tulasne**, présentée par M. Robert Courrier.

Le problème de la cytologie des bactéries qui a soulevé pendant de nombreuses années tant de controverses semble aujourd'hui bien résolu. On ne peut plus douter actuellement que les bactéries, comme les autres cellules animales ou végétales, ne soient constituées par un noyau désoxyribonucléique bien individualisé noyé dans un cytoplasme ribonucléique. Pour notre part, nous avons pu, avec le Professeur Boivin et son équipe, retrouver, grâce à une technique

personnelle (¹), faisant intervenir les enzymes, le noyau dans les très nombreuses bactéries que nous avons étudiées (¹). Comme il se doit ce noyau est un constituant constant de la cellule bactérienne, se retrouvant à travers toutes les variations réversibles (actions du milieu) ou irréversibles (mutations) que peuvent subir les germes et doué du pouvoir de division. L'observation de photomicrographies en séries nous a permis d'imaginer la filière probable qui amène un noyau unique à donner naissance à deux noyaux-fils.

Parmi les recherches modernes qui ont eu pour résultat de prouver l'existence d'un noyau chez les bactéries, les plus démonstratives sont actuellement celles qui sont basées sur l'utilisation de méthodes de détection histo-chimiques. Les bactéries fixées sont traitées soit par HCl.N, soit par la ribonucléase, puis colorées au Giemsa. L'élimination de l'acide ribonucléique fait alors apparaître le noyau. Ces méthodes n'ont pas été sans soulever quelques critiques. Certains auteurs pensent, en particulier, que le traitement des bactéries par les fixateurs histologiques, les agents chimiques ou enzymatiques, est susceptible de créer des artefacts qui pourraient en imposer pour un noyau.

Nous pensons être à même, dans la présente Note, de répondre à ces critiques, en rapportant les résultats de nos premières observations sur la cytologie des bactéries étudiée grâce au dispositif à contraste de phase. L'utilisation de cet appareil permet en effet non seulement de voir et de photographier le *noyau des bactéries vivantes*, mais encore de suivre pas à pas les différentes phases de la division nucléaire.

Nos recherches ont porté tout d'abord sur la cytologie du proteus vulgaris. Les germes sont ensemencés sur un mince carré de gélose, placé entre une lame et une lamelle lutées à la paraffine. On les examine à l'immersion avec un microscope pourvu d'un dispositif à contraste de phase. La température ambiante est maintenue aux environs de 25 à 30° de manière à permettre un développement suffisant des bactéries.

Nous ne rapporterons aujourd'hui que les observations concernant la constitution et l'évolution cytologique des proteus examinés pendant la phase de latence, au moment où ils atteignent leur volume maximum et où, par conséquent, les détails de structure apparaissent le plus nettement.

Les proteus se présentent alors comme des cellules plus ou moins allongées de couleur gris foncé dans lesquelles on aperçoit très nettement 1 ou 2 (quelquefois plus, dans les éléments filamenteux) organites colorés en gris clair, soit arrondis ou ovalaires, soit réniformes, soit encore présentant des fissures en V ou en U (au moment de la division). Ces organites par leurs dimensions,

---

(¹) A. Boivin, R. Tulasne, R. Vendrely et R. Minck, *Arch. des Sciences Phisiol.*, 1, 1947, p. 307.

leur forme, leur position dans la bactérie rappellent d'une façon à peu près absolue ceux que l'on a l'habitude de voir dans les bactéries colorées après traitement par HCl ou par les enzymes et que l'on considère comme des noyaux.

L'examen systématique des préparations, à intervalle régulier, va d'ailleurs lever tous les doutes à ce sujet, car il permet d'assister à toutes les phases de la division de ce noyau.

Si nous prenons comme type de description une cellule bactérienne mononucléée, l'évolution du noyau nous apparaîtra de la façon suivante :

Le noyau d'abord ovalaire, et dont le grand axe est parallèle à celui de la bactérie s'échancre sur un de ses côtés, dans sa partie médiane et va bientôt dessiner une image en U dont l'ouverture regarde un des côtés de la bactérie. Les branches de l'U s'écartent et vont rapidement se séparer pour reconstituer chacune un noyau-fils qui devient à son tour grossièrement ovalaire. Chacun des noyaux-fils subit les mêmes transformations. Ils forment chacun une image en U dont les ouvertures sont, en général, opposées (chacune d'elles regardant un côté opposé de la bactérie). C'est au moment où cette deuxième division nucléaire est déjà, par conséquent, largement ébauchée, qu'intervient la division cytoplasmique (se traduisant par un étranglement du corps de la bactérie) qui va bientôt donner naissance à deux bactéries-filles. Dans chacune de celles-ci le processus de division nucléaire, déjà bien avancé comme nous venons de le voir plus haut, se poursuit et bientôt chaque bactérie-fille possède deux noyaux arrondis ou ovalaires. Chaque bactérie-fille ainsi constituée va alors se comporter comme précédemment.

Le temps qui s'écoule entre deux divisions nucléaires est fonction de la température ambiante. A 25°, il est d'environ une heure pour la première division, ce qui permet assez facilement d'en suivre les phases successive.

Ainsi, l'observation des bactéries vivantes avec le dispositif à contraste de phase, permet de retrouver avec une grande rigueur, les images du noyau telles que nous les avons déjà observées sur des préparations colorées, ce qui suffit, nous semble-t-il, à authentifier son existence.

Nous ne doutons pas que l'étude systématique de la cytologie des bactéries examinées à l'état vivant, telle que nous venons de l'ébaucher, ne soit pleine de promesse pour une connaissance plus approfondie et plus exacte de la cellule bactérienne.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur une nouvelle toxine du bacille typhique extraite des formes* rough. Note de M. **Marcel Raynaud** et Mlle **Monique Digeon**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

On a décrit plusieurs substances toxiques et antigéniques élaborées par le bacille typhique : l'antigène O, l'antigène Vi et la neurotoxine de Vincent ([1]). Nous avons pu extraire des formes *rough* de bacille typhique un nouveau constituant toxique et antigénique. La souche que nous avons employée est la souche R_2 qui nous a été envoyée par le professeur Kauffmann. Cette souche présente tous les caractères classiques des formes *rough* : aspect des colonies sur gélose inclinée, agglutinabilité par les électrolytes (NaCl 0,9 %), précipitabilité par le réactif de Millon. Elle donne cependant en NaCl 0,45 % des suspensions assez stables pour qu'on puisse les utiliser pour des réactions d'agglutination. Elle ne contient ni antigène O ni antigène Vi, mais possède l'antigène flagellaire *d*. Par la méthode de Boivin elle donne des extraits non opalescents, dépourvus de toxicité et qui ne précipitent pas par le sérum anti-O. La technique d'extraction que nous avons utilisée est analogue à celle que l'un d'entre nous a employée pour *Plectridium tetani* ([2]). Les germes cultivés sur bouillon gélosé en boîtes de Roux sont recueillis par centrifugation après émulsion en eau physiologique. Le culot microbien est remis en suspension dans une solution M/1 en NaCl et M/10 en citrate trisodique. On emploie 5^{cm^3} de liquide pour les corps microbiens provenant d'une boîte de Roux. Les suspensions ainsi obtenues contiennent 4 à 6^{mg} d'azote total par centimètre cube. On place la suspension dans la glacière (0° + 4°) pendant cinq jours. On centrifuge alors et le liquide surnageant est dialysé pendant quatre jours contre eau distillée. On filtre ensuite sur bougie L3. Le liquide obtenu est clair, transparent, non opalescent. La dose minima mortelle est déterminée par inoculation intrapéritonéale à la Souris de 20^g. On pratique l'injection à six Souris par dose essayée. On observe les animaux pendant deux jours. La moyenne de la D. M. M. pour un premier groupe de préparations effectuées chacune à partir de 30 boîtes de Roux était de $0^{mg},35$: préparations n° 8 (N 8 %), n° 9 (N 4 %), n° 10 (N 5,8 %), n° 12 (N 4 %). Pour un deuxième groupe de préparations effectuées à partir de 200 boîtes de Roux, la moyenne de la D. M. M. était de $0^{mg},93$: préparations n° 11, n° 13 (N 7 %), n° 14 (N 4 %).

([1]) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 401, 525; *Bull. Ac. Méd.*, 128, 1944, p. 201; 129, 1945, p. 145.

([2]) M. Raynaud, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 543.

L'origine des différences qui s'établissent dans l'activité de la toxine suivant l'ordre de grandeur des manipulations n'a pu être précisée.

Les extraits que nous avons préparés tuaient le Lapin de $1^{kg},5$ à des doses variant de 0,5 à 5^{cm^3} par voie intraveineuse.

Les propriétés immunologiques de cette toxine, que nous proposons d'appeler toxine R_2, ont été recherchées en immunisant des Lapins et un Cheval, par des injections bihebdomadaires pendant quatre mois.

Les différents sérums de Lapin mélangés ont permis de mettre en évidence des précipitines et des agglutines. Le sérum de Cheval présentait un pouvoir neutralisant vis-à-vis de la toxine R_2.

Dilution-limite de l'antigène donnant un précipité avec :

	Toxine R_2.	Antigène O.
Sérum antitoxine R_2.........	1/500	O (1/10 ±)
Sérum antiantigène O........	O (1/10 ±)	1/1000

L'antigène O utilisé pour ces réactions et pour la préparation du sérum anti-O a été extrait par la méthode de Boivin à partir de corps microbiens obtenus par culture en milieu liquide pour éviter l'influence perturbatrice éventuelle de la gélose.

Voici les taux d'agglutination limite obtenus avec le sérum anti-toxine R_2 et les germes ci-dessous. La structure antigénique des souches utilisées est indiquée entre parenthèses : E. typhosa R_2 (*d*) : 1/10 000; E. typhosa O 901 (IX) : 1/10; E. typhosa H 901 (IX, *d*) : formolées : 1/10 000; chauffées : 1/10; E. typhosa Ty 6 S (Vi, *d*) chauffées : zéro; E. typhosa Ty 2 (IX, Vi, *d*) : 1/500; Salmonella ballerup (XXIX, Vi, *z* 14) : zéro; S. manhattan (VI, VIII, *d*, 1-5) : 1/10 000; S. gaminara (XVI, *d*, 1-7) : 1/1000; S. shangani (III, X, *d*, 1-5) : 1/5000.

Le pouvoir neutralisant du sérum de Cheval a été recherché par inoculation à la Souris. Les résultats sont exprimés sous forme de fractions, le numérateur étant égal au nombre de Souris survivantes, le dénominateur au nombre total de Souris inoculées. On a injecté 1 D. M. M. de toxine R_2 avec les volumes indiqués de sérum.

Sérum anti-R_2 de Cheval ($0^{cm^3},5$) : 4/8; sérum anti-R_2 de Cheval (1^{cm^3}) : 8/8; sérum de Cheval normal (1^{cm^3}) : 0/8.

Le sérum de Cheval anti-R_2 agglutinait les bactéries R_2 au taux de 1/20 000.

Le pouvoir protecteur du sérum anti-R_2 de Cheval, quoique net est faible en valeur absolue. Ce caractère rapproche la toxine R_2 des endotoxines classiques.

La thermorésistance de la toxine R_2 paraît élevée (1 heure à 100°). Ce

caractère permet de supposer qu'elle est distincte de la neurotoxine thermolabile décrite par Vincent. La nature chimique de la toxine R_2 reste à préciser.

Les constatations immunologiques rapportées plus haut établissent que la substance toxique et antigénique que nous avons extraite à partir des bactéries typhiques R_2 est distincte de l'antigène O préparé suivant la technique de Boivin. Les réactions d'agglutination montrent que les sérums obtenus avec les extraits R_2 contiennent des anticorps dirigés contre l'antigène flagellaire *d* et sont sans action sur les bactéries Vi. Nous avons noté de plus que le pouvoir précipitant du sérum anti-R_2 vis-à-vis des extraits R_2 disparaît lorsque le sérum a été épuisé par des bactéries contenant l'antigène flagellaire H*d*.

La séance est levée à 15^h30^m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AOÛT 1949 (*suite et fin*).

Jordartskarta över Södra och Mellersta Sverige. Efter de geologiska kartbladen sammandragen vid Sveriges geologiska Undersökning av. K. E. Sahlström 1944. Skala 1/400.000. *Södra* bladet; *Norra* bladet; *Mellersta* bladet. Stockholm, A. B. Kartografiska Institutet Esselte A. B., 1947; 3 planches 135cm × 70cm.

Haut Commissariat de Madagascar et dépendances. *Bulletin géologique de Madagascar.* Fasc. 1. Tananarive, Bureau géologique, 1949; 1 fasc. polycopié 30cm.

Die Pilze, Grundzüge ihrer Entwicklungsgeschichte und morphologie, von ERNST GÄUMANN. Basel, Verlag Birkhäuser, 1949; 1 vol. 24cm,5.

Les méthodes mathématiques de l'ingénieur. Introduction au traitement mathématique des problèmes posés à l'ingénieur, par THÉODORE DE KÁRMÁN et MAURICE A. BIOT. Traduit de l'anglais par WILLIAM G. BARROIS. Paris et Liége, Librairie polytechnique Ch. Béranger, 1949; 1 vol. 23cm.

General chemistry and Introduction to descriptive chemistry and modern chemical theory, by LINUS PAULING. San Francisco, W. H. Freeman and Company, 1948; 1 vol. 22cm.

Les liquides laticiformes des guttiferacées (supplément), par ÉMILE DE WILDEMANN, in *Mémoires* de l'Académie royale de Belgique. Classe des sciences. T. XXIII, fasc. 7. Bruxelles, Palais des Académies, 1949; 1 fasc. 25cm,5

Teoria de la hez embrionaria. Etiologia del cáncer tratado fisico-bio-quimico, par ALFREDO JOSÉ BARGAS. Buenos Aires, 1949; 1 fasc. 27cm.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 25 avril 1949.)

Note présentée le même jour, de M. *Paul Proisy*, Influence de la réfraction des rayons lumineux dans l'atmosphère solaire sur le rayonnement au voisinage du bord du disque. Variations de l'intensité d'une radiation près du bord extrême :

Page 1370, 12e ligne, *au lieu de* de l'ordre de 1 à 2 % pour $d = 0,9997_5$, *lire* de l'ordre de 0,3 % pour $d = 0,9997_5$.

(*Comptes rendus* du 11 juillet 1949.)

Note présentée le 4 juillet 1949, de M. *Dov Tamari*, Ordres pondérés. Caractérisation de l'ordre naturel comme l'ordre du semi-groupe multiplicatif des nombres naturels :

Page 100, 11e ligne, *au lieu de* $\mathfrak{S}\ \mathfrak{T}_\omega(\mathfrak{S})$, *lire* $\mathfrak{S},\ \mathfrak{T}_\omega(\mathfrak{S})$.
» » 12e ligne, *au lieu de* $\mathfrak{T}_{\mathfrak{S}} = \mathfrak{r}$, *lire* $\overline{\overline{\mathfrak{T}}}_{\mathfrak{S}} = \mathfrak{r}$.

(*Comptes rendus* du 22 août 1949.)

Note présentée le même jour, de M. *Paul Proisy*, La courbure des couches de l'atmosphère solaire, son incidence sur l'assombrissement et sur la fonction J :

Page 469, 2e ligne, *au lieu de* Unsöld (4), *lire* Unsöld (4).
» » 8e ligne, *au lieu de* du polynome (4), *lire* du polynome (4).
» » 10e ligne, *au lieu de* $L(1 + \cos\theta/\cos\theta_0)$, *lire* $L(1 + \cos\theta/\cos\theta)$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 SEPTEMBRE 1949.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Gaston Julia** s'exprime en ces termes :

Entre le 14 et le 16 septembre dernier s'est réunie à Copenhague l'Assemblée générale du Conseil international des Unions scientifiques (I. C. S. U.); notre Académie y avait délégué plusieurs de ses membres, et quelques-unes des Unions scientifiques représentées avaient pour secrétaire général un Français.

Au terme des cinq séances de travail, un hommage mérité a été adressé par notre correspondant N. E. Nörlund, délégué danois, à notre confrère Émile Borel, pour la maîtrise avec laquelle il a présidé l'Assemblée pendant ces séances. Son intervention personnelle, en plus d'une occasion, a clarifié les débats et préparé la solution qui devait ensuite intervenir. Voulez-vous, mes chers confrères, lui adresser avec moi le même hommage, qui sera celui de notre Académie.

La majeure partie des séances a été occupée par la discussion, puis l'adoption unanime, des nouveaux statuts du Conseil, et par la lecture et la discussion des rapports sur l'activité considérable des diverses Unions. Touchant les statuts, il a été décidé que le texte français *seul*, continuerait à servir pour toute difficulté d'interprétation. Je me garderai d'insister sur le bel hommage ainsi rendu par le Conseil à notre langue française; mais je tiens à vous signaler la part importante que le Prof. F. J. M. Stratton, secrétaire général du Conseil, et Sir David Brunt, secrétaire général de la Royal Society de Londres, ont prise dans cette décision de l'Assemblée. Vous me permettrez, je pense, mes chers confrères, de leur adresser ici, au nom de l'Académie, nos remerciements les plus cordiaux.

L'organisation matérielle a été parfaite, l'accueil de la Société royale danoise des Sciences a été extrêmement chaud et mérite toute notre reconnaissance.

M. **Arnaud Denjoy** entretient l'Académie du *Congrès mathématique international* qui s'est tenu, à Innsbrück, du 27 août au 2 septembre et auquel il a participé.

Les instigateurs du Congrès, MM. Radon et Inzinger, de Vienne, ont appelé l'attention des Sociétés mathématiques étrangères sur les besoins de la Société autrichienne qui manque de livres, de périodiques, d'instruments de travail et qui désire les recevoir en échange de ses publications.

Le vœu a été exprimé que soit ressuscitée l'Union mathématique internationale florissante avant 1914. Cette question présente encore des difficultés. On doit souhaiter qu'elle puisse être reprise au Congrès d'Harvard en 1950.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *L'introduction d'un nouvel élément dans un ensemble ordonné.* Note de M. **Arnaud Denjoy**.

Soient E un ensemble ordonné d'après une loi (O) et a un élément que l'on ajoute à E, l'ensemble total E′ étant ordonné suivant une loi (O′) qui se confond avec (O) pour tous les couples d'éléments (b, c) ne comprenant pas a; a est placé *en tête* de E si $a \prec b$ quel que soit b dans E; a est placé *en fin* de E si $a \succ b$; a est *inséré* entre deux sections C commençante, D finissante de E (1), si a n'est ni initial ni final pour E′.

Nous nous proposons d'étudier les cas où le type d'ordination de E′ est semblable à celui de E.

Si E est fini, E et E′ sont évidemment dissemblables. Si E est bien ordonné infini, l'introduction dans E d'un élément a suivi par une infinité d'éléments de E ne change pas le type de E. Au contraire, si nous ajoutons en fin de E ou, quand E a un dernier élément, si nous insérons a seulement avant un nombre fini d'éléments de E, nous changeons le type d'ordination de E.

Soit E l'ensemble des nombres rationnels ordonné dans le sens de la croissance. Si nous ajoutons à E un nombre irrationnel a, nous ne changeons pas le type de E. Soit α un nombre rationnel, $C(\alpha)$ la section commençante de E admettant α pour dernier élément, $S'(\alpha)$ la section finissante complémentaire. Si nous insérons a entre $C(\alpha)$ et $S'(\alpha)$, $E' = E + (a)$ est dissemblable à E, car E′ possède un couple d'éléments consécutifs (α, a), tandis que E n'en contient aucun.

I. Théorème. — *Il n'est pas possible que l'introduction dans l'ensemble ordonné* E *d'un nouvel élément à n'importe quelle place donne toujours un ensemble total* E′ *semblable à* E.

E étant un ensemble ordonné quelconque, décomposons-le de la façon suivante en deux sections complémentaires $\gamma_1(E)$ commençante et $\delta_1(E)$ finissante, l'une d'elles pouvant être vide, l'autre étant alors identique à E : $\gamma_1(E)$ est la *section commençante bien ordonnée majeure* de E; $\delta_1(E)$ est la *section finissante majeure dépourvue d'élément initial.*

(1) *Voir* A. Denjoy, *Énumération transfinie*, I, nos 6 (p. 17) et 8 (p. 20-21).

$\gamma_1(E)$ n'existe pas si E est dépourvu d'élément initial; $\delta_1(E)$ n'existe pas si E est bien ordonné. Si E a un élément initial, la section commençante bien ordonnée *majeure* $\gamma_1(E)$ existe, car toute somme de sections commençantes bien ordonnées de E est une section commençante bien ordonnée de E. Pareillement, si E n'est pas bien ordonnée, la section majeure $\delta_1(E)$ existe, car toute somme de sections finissantes dépourvues d'élément initial est une section finissante dépourvue d'élément initial.

Introduisons a immédiatement après $\gamma_1(E)$, à savoir : en tête de E si E n'a pas d'élément initial, inséré entre $\gamma_1(E)$ et $\delta_1(E)$ si ces deux sections existent, en fin de E si E est bien ordonné. Pour deux ensembles E, E' ordonnés et semblables, leurs sections $\gamma_1(E)$, $\gamma_1(E')$ sont semblables. Mais si $E' = E + (a)$, $\gamma_1(E)$ est le segment de a dans $\gamma_1(E')$, dont a est le dernier élément; $\gamma_1(E)$ est donc dissemblable à $\gamma_1(E')$; E et E' sont dissemblables.

On peut de même considérer l'*anti-bonne ordination* des ensembles. E est anti-bien ordonné par la loi (O) si le renversement de (O) fait de E un ensemble bien ordonné, donc si tout sous-ensemble de E, y compris E lui-même, possède un élément final.

On ne change pas le type d'ordination d'un ensemble anti-bien ordonné en lui ajoutant un élément précédé par une infinité d'autres.

Un ensemble ordonné quelconque E se décompose en deux sections $\gamma_2(E)$ commençante, $\delta_2(E)$ finissante, complémentaires, éventuellement l'une vide, l'autre identique à E, $\gamma_2(E)$ étant la *section commençante majeure de* E *dépourvue d'élément final*, $\delta_2(E)$ étant la *section finissante majeure anti-bien ordonnée de* E.

$\gamma_2(E)$ est identique à E et $\delta_2(E)$ est vide si E n'a pas d'élément final; $\gamma_2(E)$ est vide et $\delta_2(E) \equiv E$ si E est anti-bien ordonné.

Si a est introduit dans E immédiatement avant $\delta_2(E)$ (en fin de E si E n'a pas d'élément final), $E' = E + (a)$ est dissemblable à E.

II. Soient C et D deux sections complémentaires quelconques de E, C commençante, D finissante *non vides*. Insérons a entre C et D. Examinons si $E' = E + (a)$ ordonné par (O') (*voir* ci-dessus) est semblable à E.

Formons $\delta_2(C)$. *Si* $\delta_2(C)$ anti-bien ordonné *est infini*, $\delta_2(C)$ suivi de a est semblable à $\delta_2(C)$. Donc C est semblable à $C + (a)$; E et E' sont *semblables*. De même *si* $\gamma_1(D)$ *est infini*, $(a) + \gamma_1(D)$ est bien ordonné infini, semblable à $\gamma_1(D)$; E et E' sont encore *semblables*.

Considérons *un ensemble ordonné* E *tel que, pour toute décomposition en deux sections complémentaires non vides* C *et* D, *l'ensemble* $\delta_2(C) + \gamma_1(D)$ *soit fini ou vide*. Nous allons montrer la possibilité que l'insertion d'un élément a entre C et D laisse inchangé le type de E, quelles que soient C et D.

E doit évidemment être infini.

On voit aisément que E ne doit avoir ni élément initial ni élément final. Si E a un élément initial α, soit $C \equiv C(\alpha)$ la section commençante de E réduite à α. Nous insérons a immé-

diatement après α ; $\delta_2(C) \equiv C \equiv \alpha$; $\gamma_1(D)$ est identique à $\gamma_1(E)$ diminué de α. Par hypothèse $\gamma_1(D)$ est fini ou vide. Donc $\gamma_1(E)$ a un nombre fini p d'éléments ($p \geqq 1$) [$\gamma_1(D)$ en a $p-1$]. Or $\gamma_1(E')$ en a $p+1$; E' est donc dissemblable à E. Donc E n'a pas d'élément initial. Pareillement, E n'a pas d'élément final.

Pour former l'exemple annoncé, nous établirons préalablement quelques propositions de la théorie générale des ensembles ordonnés dénombrables.

Nous dirons que l'ordination (O) de l'ensemble E est de l'espèce $(\overline{Y})$ si E n'a ni élément initial, ni élément final, ni couple d'éléments consécutifs. Tous les ensembles dénombrables ordonnés au mode $(\overline{Y})$ sont semblables (*Énumération transfinie*, p. 18 et n° 12). Nous désignerons par $(\overline{Y}_0)$ leur type d'ordination, qui est celui des nombres rationnels de l'intervalle (0, 1).

Nous dirons que l'ordination (O) d'un ensemble $E = E_1 + E_2$ *insère l'un dans l'autre les ensembles* E_1 *et* E_2 *au mode* $(\overline{Y})$ si, E_1 et E_2 étant ordonnés par (O) selon le mode $(\overline{Y})$, les éléments de E_2 compris entre deux éléments quelconques a_1, b_1 de E_1 forment une section moyenne de l'espèce $(\overline{Y})$, et pareillement pour la section de E_1 limitée par deux éléments a_2, b_2 de E_2.

Le type d'ordination de E est alors lui-même de l'espèce $(\overline{Y})$.

Théorème. — *Si les ordinations respectives* (O) *et* (O') *de deux ensembles dénombrables* $E = E_1 + E_2 + \ldots + E_n + \ldots$ et $E' = E'_1 + E'_2 + \ldots + E'_n + \ldots$ *insèrent l'un dans l'autre au type* $(\overline{Y}_0)$ *tous les couples d'ensembles* E_m, E_q *et tous les couples* E'_m, E'_q, *il est possible d'appliquer conformément les deux ensembles* E *et* E' *l'un sur l'autre, de façon que chaque ensemble* E'_n *s'applique sur l'ensemble* E_n *de même rang n.*

Soient $u_{n.p}$, $u'_{n.j}$ les éléments respectifs de E_n et de E'_n. On range en une file unique $v_q = u_{n.p}$ les éléments des E_n. A $v_1 = u_{1.1}$ on fait correspondre $u'_{1.1} = w_1$. Ayant établi la correspondance de $v_1, v_2, \ldots, v_{q-1}$ à $w_1, \ldots, w_{q-1}$ pris dans E', on fait correspondre à $v_q = u_{n.p}$ l'élément $w_q = u'_{n.j}$ appartenant à E'_n, de plus faible indice j et occupant par rapport à $w_1, \ldots, w_{q-1}$ selon (O') la position ordinale de v_q par rapport à $v_1, \ldots, v_{q-1}$ selon (O).

On démontre pareillement cette proposition :

Si l'ensemble ordonné dénombrable $E = \Sigma E_n$ *insère l'un dans l'autre au type* $(\overline{Y}_0)$ *tous les couples d'ensembles* E_m, E_q, *on peut appliquer conformément tout ensemble dénombrable ordonné* $e = \Sigma e_n$ *sur un sous-ensemble* η *de* E *de façon que* e_n *s'applique sur* $\eta . E_n$.

E étant un ensemble ordonné par une loi (O), désignons par $\sigma_m(E)$ l'ensemble des *séquences majeures* composées de m éléments de E. Soit $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_m$ une telle séquence ($\alpha_i \prec \alpha_{i+1}$). D'une part, les α_i sont consécutifs en vertu de (O); d'autre part α_1 est ordinalement limite de E du côté antérieur (de α_1), (ou initial) α_m est ordinalement limite de E du côté ultérieur (de α_m) (ou final).

Les éléments de $\sigma_m(E)$ sont les *suites* ordonnées ($\alpha_1, \ldots, \alpha_m$) et non pas la décomposition de ces suites en leurs éléments α_i de E. Cette distinction disparaît toutefois pour $\sigma_1(E)$, formé des éléments bilatéralement limites de E.

Si E est l'ensemble des nombres rationnels, ou celui des milieux des intervalles contigus à un ensemble parfait linéaire P, les deux ensembles étant ordonnés dans le sens de la croissance numérique, $\sigma_1(E) = E$.

THÉORÈME. — *Sont semblables entre eux tous les ensembles dénombrables ordonnés* E *vérifiant ces conditions :* 1° E *ne renferme pas de séquence infinie;* 2° *les ensembles* $\sigma_n(E)$ *existent pour toutes les valeurs entières positives de n;* 3° *tous les couples d'ensembles* $\sigma_m(E)$, $\sigma_p(E)$ *sont insérés l'un dans l'autre au type* $(\overline{Y})_{\delta}$.

La démonstration est immédiate. Si E' est un autre ensemble de la même famille, on peut appliquer conformément l'un sur l'autre les ensembles $J = \Sigma\sigma_n(E)$ et $J' = \Sigma\sigma_n(E')$ de façon que $\sigma_m(E)$ s'applique sur $\sigma_m(E')$. Ensuite, pour appliquer E sur E', il suffit, pour tous les couples de séquences associées $(\alpha_1, \ldots, \alpha_m)$, $(\alpha'_1, \ldots, \alpha'_m)$, de faire correspondre entre eux les éléments α_i, α'_i de même rang.

Soit (Y_1) le type d'ordination commun à tous les ensembles E de l'espèce précédente. On ne change pas le type (Y_1) de E en insérant un élément quelconque *a* entre deux quelconques des sections complémentaires non vides, C commençante, D finissante, de E. Or, E n'ayant pas de séquence infinie, $\delta_2(C) + \gamma_1(D)$ est toujours fini ou vide.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papavéracées. Développement de l'embryon chez l'*Argemone mexicana *L.* Note de M. **René Souèges**.

L'*Argemone mexicana* appartient à la tribu des Papavéracées comme le *Papaver Rhœas* L. [1] et le *Rœmeria violacea* Medic. [2]. Cependant l'embryon de cette plante n'offre pas dans son développement la régularité qui s'observe chez les deux autres espèces; il rappelle, au contraire, par la diversité et le désordre de ses formes, l'embryon du *Chelidonium majus* L. et celui de l'*Eschscholzia californica* Cham.; son histoire peut, comme dans ces derniers cas, être divisée en trois étapes qui se définissent de manière tout à fait comparable [3].

La première étape prend fin à un stade correspondant à la formation de la tétrade *troisième*, c'est-à-dire du groupement tétracellulaire auquel donne naissance la cellule *cc* petite-fille de l'œuf. Celui-ci, d'aspect arrondi (*fig.* 1), se divise obliquement (*fig.* 2); la plus petite des deux cellules ainsi engendrées représente la cellule basale, *cb*, l'autre la cellule apicale, *ca*; cette dernière se segmente ensuite la première, obliquement encore, pour donner *cc* et *cd* (*fig.* 3, 4). Ainsi prend naissance la triade proembryonnaire, forme fréquente dans laquelle les deux cellules inférieures, de dimensions bientôt comparables, *cb* et *cd*, servent de support à la cellule *cc*, dressée selon l'axe, représentant la cellule

(1) R. Souèges, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 902 et 1119; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **75**, 1928, p. 452.

(2) R. Souèges, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 979.

(3) R. Souèges, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 678; *Ann. Sc. nat. Bot.*, 10e série, **19**, 1937, p. 445-466; *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 485.

embryonnaire proprement dite. Cette triade, par l'origine, les dispositions et les destinées de ses trois éléments, rappelle très exactement celle qui s'observe chez l'*Hypecoum procumbens* L. ([1]). Mais, alors que, dans cette dernière espèce, les deux éléments inférieurs, *cb* et *cd*, demeurent indivis et se transforment en deux énormes vésicules mononucléés, chez l'*Argemone*, ils se segmentent et produisent un suspenseur massif, plus ou moins allongé, offrant des dimensions fort variables : parfois, ils avortent, peu après leur différenciation, au stade même de la triadre, après s'être considérablement élargis; dans d'autres cas, ils subissent seulement quelques divisions avant de dégénérer (*fig.* 14, 25, 32);

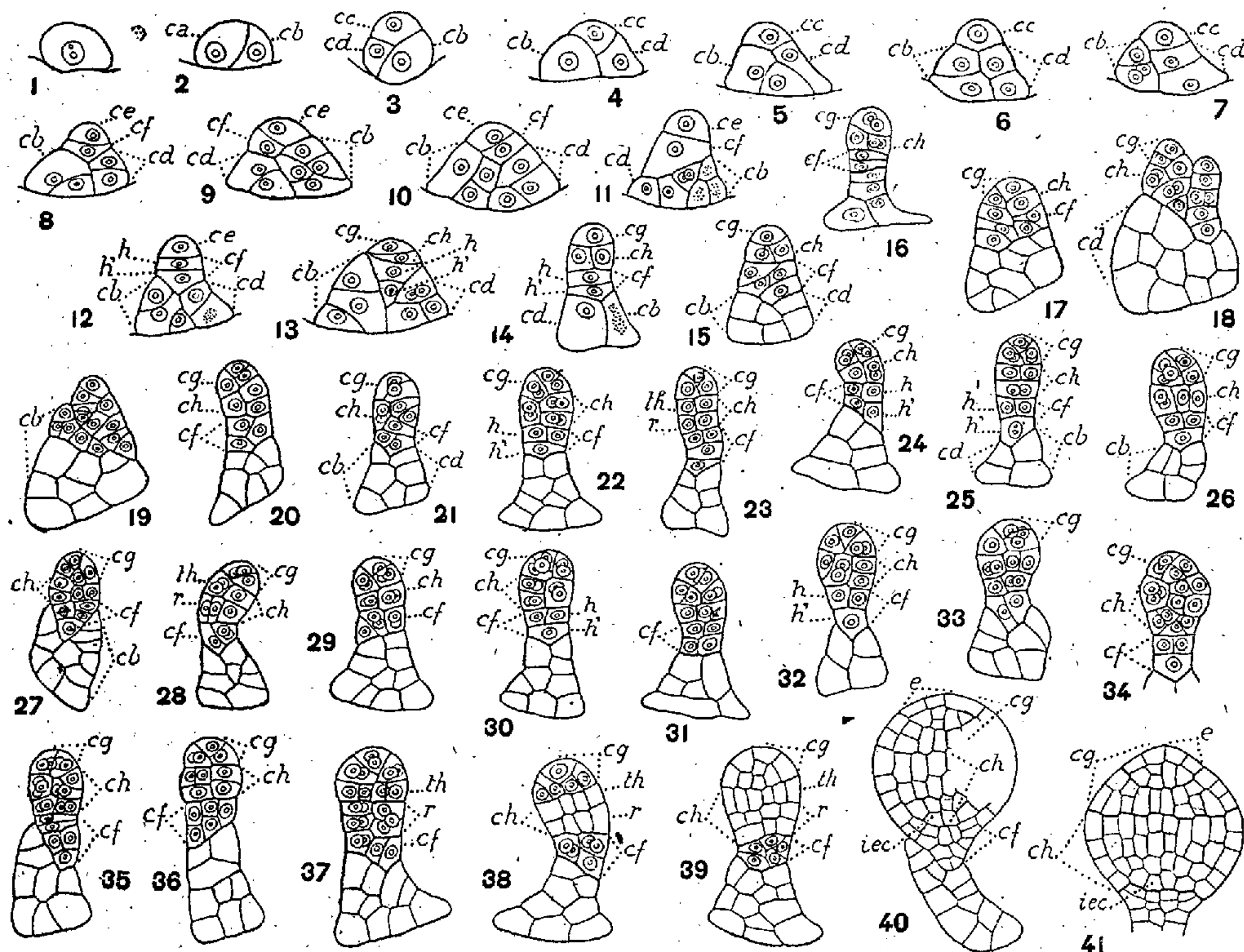


Fig. 1 à 41. — *Argemone mexicana* L. — Le développement du proembryon. *ca* et *cb*, les deux premiers blastomères; *cd*, cellule-fille inférieure de *ca* donnant avec *cb* le suspenseur proprement dit; *cc*, cellule-fille supérieure de *ca* ou cellule embryonnaire proprement dite; *ce* et *cf*, cellules-filles de *cc*; *cg* et *ch*, cellules-filles de *ce*; *h* et *h'*, cellules-filles de *cf*; *th*, tige hypocotylée; *r*, rudiment de la racine; *e*, épiphyse; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. G. = 280.

quelquefois enfin leurs segmentations conduisent à la formation de véritables proembryons rudimentaires se développant à côté de l'embryon normal (*fig.* 18, 19). Ces sortes de prolifération rappellent les cas de polyembryonie que P. Creté a déjà signalés chez les Campanulacées et l'*Actinidia chinensis* Planch. ([2]).

La cellule embryonnaire proprement dite, *cc*, se partage par une cloison, soit nettement transversale s'insérant sur la seule périphérique (*fig.* 8, 11), soit plus ou moins

([1]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 310 et 354.

([2]) P. Creté, *Bull. Soc. bot. Fr.*, **85**, 1939, p. 580; **91**, 1944, p. 88; *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1742.

inclinée (9, 10), pour donner les deux éléments *ce* et *cf*. En 12 et 13, *cf* s'est cloisonné transversalement; en 13, *ce* s'est divisé pareillement; une tétrade *troisième* s'est de la sorte constituée comportant quatre éléments superposés *cg*, *ch*, *h*, et *h'*. Il n'en est pas toujours ainsi; beaucoup de formes observées aux stades ultérieurs ne peuvent être interprétées qu'en admettant que *ce* et *cf* se cloisonnent aussi verticalement ou obliquement.

Au cours de l'étape suivante, de plus nombreuses variations se produisent dans la marche de la segmentation, dues à la direction assez diverse des cloisons et à l'avance plus ou moins marquée dans les divisions que peuvent prendre, sur leurs voisins, certains blastomères. Le mode de construction des formes se complique et devient fort discutable. La plupart d'entre elles cependant semblent se rattacher à la tétrade *troisième* comportant les quatre éléments superposés *cg*, *ch*, *h* et *h'*. Ainsi, en 14 et 15, *cg* est encore indivis; mais en 16, 21, il s'est segmenté obliquement; en 22, 23, il a produit quatre cellules groupées en tétraèdre, celle du sommet représentant une épiphyse, les trois autres appelées à donner naissance à la partie cotylée *sensu stricto*. L'élément *ch* se partage le plus souvent verticalement (*fig*. 14, 15, 16, 20, 22); mais les parois transversales qui suivent ces premières cloisons peuvent parfois les précéder (*fig*. 23, 25), faisant ainsi apparaître de très bonne heure les deux étages *th* et *r* (*fig*. 23, 28, 37) aux dépens desquels se développent la tige hypocotylée et la racine. — Les figures 22 à 26 montrent comment se comportent *h* et *h'* dans les cas les plus réguliers; d'une manière générale, dans leur cellule-mère *cf*, les divisions procèdent diversement, selon des processus comparables à ceux qui ont été observés, dans le même élément *cf*, chez l'*Hypecoum*. — Dans beaucoup de formes, par exemple en 15, 17, 21, 28, 31, 33, 34, 35, 37, il est difficile de reconnaître la règle exacte qui a présidé à leur construction, d'établir l'origine véritable des éléments constitifs.

Au début de la troisième étape, l'embryon, d'abord ovoïde (*fig*. 39), devient bientôt sphérique (*fig*. 40), puis légèrement apiculé au sommet par différenciation extérieure de l'épiphyse (*fig*. 41), qu'il est peu aisé de distinguer plus tard entre les jeunes cotylédons élargis et épaissis. A l'extrémité radiculaire, le périblème et le plérome se séparent nettement; l'organisation est semblable à celle qui s'observe chez la Chélidoine et chez l'*Eschscholzia*, nullement comparable, par contre, à celle qui se produit chez l'*Hypecoum procumbens*.

C'est avec ces trois dernières plantes que l'*Argemone mexicana* offre incontestablement le plus de rapports; mais c'est tout primordialement à l'*Hypecoum* qu'il doit être rattaché par le mode de séparation et les destinées des deux éléments, *cb* et *cd*, de la triade proembryonnaire. Ces deux éléments ne participant nullement à la construction de l'embryon et les lois du développement s'appliquant à la seule cellule *cc*, l'*Argemone*, comme l'*Hypecoum*, prend place dans la troisième période du système embryogénique. De grandes analogies apparaissent encore entre les deux espèces dans le mode de cloisonnement des blastomères *cg*, *ch* et *cf*.

Cette étude démontre ainsi combien restent solides les liens qui unissent les Papavéracées et les Fumariacées, malgré les profondes divergences que décèle le développement de l'embryon, chez le *Papaver Rhœas* et le *Rœmeria violacea* d'une part, chez le *Fumaria officinalis* et l'*Hypecoum procumbens* d'autre part. On ne peut manquer, en outre, d'être surpris de l'hétérogénéité foncière des caractères embryogéniques de la famille des Papavéracées dont certains

représentants (*Papaver*, *Rœmeria*) se rangent dans la première période de la classification embryogénique, d'autres (*Chelidonium*, *Eschscholzia*) dans la deuxième, d'autres encore (*Argemone*) dans la troisième.

DÉSIGNATIONS.

Sur l'invitation de la *Société française de métallurgie*, MM. **Louis de Broglie**, **Albert Portevin** et **Pierre Chevenard** sont désignés pour représenter l'Académie au Meeting annuel de l'Institute of metals qui aura lieu exceptionnellement à Paris, du 3 au 8 octobre, à l'occasion du Centenaire de la naissance de *Floris Osmond*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Marmori Lo Bianco. *Enzimi Batterici e resistenza agli antibiotici*. (Transmis par M. Costantino Gorini.)

2° Walter Cernowicky. *Wird das Klima auf der Erde wärmer?*

ALGÈBRE. — *Extensions de corps ordonnés.*
Note (*) de M. **Jean-Pierre Serre**, présentée par M. Élie Cartan.

Un corps commutatif, muni d'une structure d'ordre total, est dit *corps ordonné* [1] si ($x \geqq 0$ et $y \geqq 0$) entraîne ($x+y \geqq 0$ et $xy \geqq 0$).

Soit L une extension d'un corps ordonné K. On dira qu'une structure d'ordre sur L définit sur L une structure d'*extension ordonnée de* K, si L, munie de cette structure d'ordre, est un corps ordonné dont l'ordre prolonge celui de K.

Théorème 1. — *Pour qu'une extension* L *d'un corps ordonné* K *admette une structure d'extension ordonnée de* K, *il faut et il suffit que la condition suivante soit satisfaite : Pour tout système fini d'éléments strictement positifs* (p_i) *de* K, *la relation* $\Sigma p_i x_i^2 = 0$ $(x_i \in L)$ *entraîne* : $x_i = 0$ *pour tout i.*

Nécessité évidente. Pour voir la suffisance, on définit une structure d'ordre sur L, en choisissant, comme ensemble des éléments strictement positifs, un élément maximal de l'ensemble (visiblement inductif et non vide) des parties P de L vérifiant les conditions :

$$0 \notin P; \quad P+P \subset P; \quad P.P \subset P \quad \text{et}$$

P contient tous les éléments de la forme $p.x^2$ ($p > 0$ et $\in K$, $x \in L$),

(*) Séance du 12 septembre 1949.

(1) E. Artin und O. Schreier, *Abh. Math. Sem. Hamburg*, 5, 1926, p. 83-115.

Corollaire 1. — (Artin-Schreier). — *Pour qu'un corps* L *soit ordonnable* (²) (*c'est-à-dire pour qu'il existe une structure d'ordre qui en fasse un corps ordonné*) *il faut et il suffit que la relation* : $\Sigma x_i^2 = 0$ *entraîne* $x_i = 0$ *pour tout* i.

Il suffit de prendre $K = Q$ (corps des rationnels).

Corollaire 2. — *Pour une extension d'un corps ordonné, la propriété d'admettre une structure d'extension ordonnée est de caractère fini.*

Corollaire 3. — *Toute extension transcendante pure d'un corps ordonné admet une structure d'extension ordonnée.*

Dans l'étude des extensions algébriques d'un corps ordonné, le Corollaire 2 nous permet de nous borner à celles de rang fini, ou, d'après le théorème de l'élément primitif, à celles engendrées par un seul élément. Pour ces dernières, on a, en appliquant le théorème 1 :

Théorème 2. — *Soit* K *un corps ordonné,* $f(x)$ *un polynome irréductible sur* K *et changeant de signe sur* K. *Le corps de rupture de* $f(x)$ *sur* K *admet une structure d'extension ordonnée.*

Corollaire 1. — *Toute extension algébrique de degré impair d'un corps ordonné admet une structure d'extension ordonnée.*

Corollaire 2. — *Si* a_λ *est une famille d'éléments positifs du corps ordonné* K, *l'extension* $(K, \sqrt{a_\lambda})$ *admet une structure d'extension ordonnée.*

Ces résultats complètent des résultats connus d'Artin-Schreier sur les extensions *ordonnables* de corps ordonnables. Ils s'appliquent de façon commode à l'étude des corps ordonnés maximaux (³).

En outre, ils permettent de simplifier légèrement un travail de J. Dieudonné sur les corps « A-ordonnables » (⁴).

TOPOLOGIE. — *Quelques propriétés globales des variétés kählériennes.*

Note (*) de M. **Beno Eckmann**, transmise par M. Élie Cartan.

Soit V une variété kählérienne, c'est-à-dire une variété complexe (close, à $2m$ dimensions) munie d'une métrique hermitienne sans torsion. Dans cette Note, qui utilise la terminologie et les résultats de trois Notes antérieures (¹), nous indiquerons quelques propriétés particulières de la structure homologique d'une telle variété.

1. Désignons par H_p le $p^{\text{ième}}$ groupe d'homologie, par H^p le $p^{\text{ième}}$ groupe de

---

(²) « Formal-reell » dans la terminologie d'Artin-Schreier.

(³) Inversement, les propriétés bien connues de ces derniers permettent de démontrer aisément le théorème 2.

(⁴) *Bol. Soc. Mat. Sao Paulo*, 1, 1946, p. 69-75.

(*) Séance du 12 septembre 1949.

(¹) *Comptes rendus*, **229**, 1949, pp. 464, 489, 503.

Ces trois Notes sont citées dans le texte par I, II, et III respectivement.

cohomologie de V, les deux à coefficients complexes ([2]). H^p est isomorphe, de façon naturelle, au groupe des p-formes différentielles harmoniques (complexes) dans V; utilisons le même symbole φ^p pour une telle forme et pour la classe de cohomologie correspondante. L'opérateur de dualité homologique D établit un isomorphisme de H^p sur H_{2m-p}; D peut être décrit ([3]) par $D\varphi^p = \varphi^p \cap V$, où V désigne ici le cycle de base de la variété. Écrivons, comme dans II et III, ω^2 pour la 2-forme associée à la métrique, et soit ω^{2q}, $q = 0, 1, \ldots, m$, la puissance $q^{\text{ième}}$ de ω^2 (au sens du produit extérieur des formes ou du produit $\cup$ en cohomologie, ce qui revient au même); les formes ω^{2q} sont harmoniques et $\neq 0$. Posons $D\omega^{2q} = Z_{2m-2q}$, et appelons Z_{2m-2} la *classe d'homologie principale* de V [notée aussi Z(V) ou Z tout court]; on a ([3])

$$Z_{2m-4} = Z \otimes Z, \qquad Z_{2m-6} = Z_{2m-4} \otimes Z, \qquad \ldots.$$

2. L'opérateur $\star$ établit un isomorphisme entre H^{2m-p} et H^p, les deux considérés comme groupes de formes harmoniques. $D\star$ est un isomorphisme de H^p sur H_p permettant de traduire en homologie des résultats valables pour les formes harmoniques. Ainsi H_p est la somme directe des groupes $H_{p,k}$, $k = 0, 1, \ldots, [p/2]$, correspondant au groupe H^p_k des p-formes harmoniques de classe k (*cf.* II, § 2 et III, § 3); les éléments de $H_{p,k}$ et les p-cycles qu'ils contiennent sont aussi dits *de classe k*. Soit $\varphi^p = L^k\psi^r$ ($r = p - 2k$, $\Lambda\psi^r = 0$) une forme harmonique de classe k; d'après la formule (II.5) on a, u étant un facteur constant,

$$\begin{aligned} D\star\varphi^p &= u\,D(L^{m-p}C\varphi^p) = u\,D(C\psi^r \cup \omega^{2(m-p+k)}) \\ &= u(C\psi^r \cup \omega^{2(m-p+k)}) \cap V = uC\psi^r \cap (\omega^{2(m-p+k)} \cap V) = uC\psi^r \cap Z_{2p-2k}. \end{aligned}$$

Ce dernier produit est égal à l'*intersection* $uDC\psi^r \otimes Z_{2p-2k}$ qui est, pour employer une expression facile à préciser, *située sur* Z_{2p-2k}, et par conséquent aussi *sur* Z_{2p}. Nous obtenons donc :

(1) *Tout p-cycle de V est homologue à un cycle situé sur Z_{2p}; s'il est de classe k, il est même homologue à un cycle sur Z_{2p-2k}.*

3. Soit W une variété complexe close à $2n < 2m$ dimensions, plongée analytiquement et de façon localement topologique dans V. La métrique de V induit une métrique hermitienne sans torsion sur W et la forme ω^2 de W n'est autre chose que celle de V restreinte à W. La classe d'homologie prin-

---

([2]) Il s'agira donc toujours d'homologie ou de cohomologie par rapport à des coefficients complexes. On ne changerait rien d'essentiel en considérant des coefficients réels; mais on devrait alors se restreindre à des formes différentielles *réelles* [*cf.* III, annotation ([3])], ce qui serait moins commode à d'autres points de vue.

([3]) Nous utilisons les notations suivantes : $\cup$ pour le produit d'Alexander en cohomologie, $\cap$ pour le produit associé (d'une classe de cohomologie et d'une classe d'homologie), $\otimes$ pour l'intersection de deux classes d'homologie. Pour les définitions et les règles de calcul, *voir* par exemple H. Whitney, *Ann. of Math.*, (2), 39, 1938, p. 397-432.

cipale $Z(W)$ est donnée par $\omega^2 \cap W$; dans V ce produit est égal ([3]) à $D\omega^2 \otimes W = Z(V) \otimes W$, d'où

$$Z(W) = Z(V) \otimes W, \tag{2}$$

Exemple. — Soit V l'espace projectif complexe à $2m$ dimensions (réelles); les classes Z_{2q} sont alors données, à des facteurs numériques près, par des plans projectifs de V considérés comme cycles. Si W est plongée analytiquement dans V, on déduit de (2) que les classes Z_{2q} de W sont données par des *sections planes* de W. En combinant cela avec (1), on retrouve des théorèmes de Lefschetz concernant les *variétés algébriques*.

4. Par le calcul direct ou à l'aide de (II.5), on voit que l'élément de volume $d\sigma = \star 1$ de V est, à un facteur constant près, égal à ω^{2m}. La remarque analogue pour W montre que $\int_W \omega^{2n} \neq 0$; il s'ensuit :

(3) *Une variété complexe close plongée analytiquement dans* V *n'est pas homologue à* 0 *dans* V.

Soient C_ν, $\nu = 1, 2, \ldots, b^{2n}$, des cycles à coefficients entiers représentant une base de H_{2n}; W est homologue à $\Sigma m_\nu C_\nu$, où les m_ν sont des entiers *non tous nuls*. L'intégrale d'une $2n$-forme harmonique φ étendue à W est égale à $\Sigma m_\nu \pi_\nu$, où les π_ν sont les périodes fondamentales de φ. D'autre part on voit facilement que pour une forme φ pure (*cf.* II, § 2) de type $h \neq n$ cette intégrale est nulle, d'où le théorème :

(4) *S'il existe une variété complexe close* W *plongée analytiquement dans* V, *les périodes fondamentales* π_ν *de toute* $2n$*-forme harmonique de type* $h \neq n$ *vérifient la relation* $\Sigma m_\nu \pi_\nu = 0$, *à coefficients entiers non tous nuls* (*ne dépendant que de* W *et de la base d'homologie*).

Une application simple de ce résultat conduit aux relations bien connues qui existent entre les périodes d'une fonction analytique 4-fois périodique de deux variables complexes ([4]).

ASTROPHYSIQUE. — *Remarques sur les spectres des étoiles de Wolf-Rayet.*

Note de Mme **Renée Herman**, présentée par M. André Danjon.

On sait que les étoiles de type spectral W sont généralement classées en deux séries distinctes, l'une, caractérisée par la présence prédominante de He, C et O, l'autre, par celle de He et N. La première est appelée série du carbone et notée WC, la seconde, série de l'azote et notée WN.

Néanmoins, comme P. Swings l'a fait remarquer à nouveau dans un article récent ([1]), cette distinction tend à s'estomper : d'une part, du fait que l'on

---

([4]) *Cf.* E. Kähler, *Abh. Math. Sem. Hamburg*, 7, 1930, p. 125-131.

([1]) P. Swings, *Annales d'Astrophysique*, 11, 1948, p. 228.

observe dans beaucoup d'étoiles de classe WN une bande intense à 5806 Å qui semble devoir être identifiée au doublet $3s^2\,S - 3p^2\,P^\circ$ de CIV, d'autre part, en raison de ce qu'un certain nombre de noyaux Wolf-Rayet de nébuleuses planétaires présentent des raies de C, N et O de même intensité.

Une étude récente de J. Neubauer et L. H. Aller (²) présente un nouvel exemple de ces types intermédiaires. Dans ce travail, ces auteurs ont étudié le spectre de l'étoile HD 45166 de classe WN 7. Ce spectre, dont les émissions sont assez fines, permet de bonnes identifications. Dans ce cas particulier, ils ont trouvé O IV 3411 Å et O III 4080, 3758, 3714-3705, 3443 Å (de plus, une radiation non identifiée à 3791 Å peut être attribuée également à O III) ainsi que C IV 5812-5801 Å et C III 4069 Å. Ils identifient en outre deux raies de longueur d'onde 4658 et 4648 Å à des émissions de O II. Il semble beaucoup plus vraisemblable de les attribuer respectivement à C IV et C III, C III 4648 Å devant être plus intense que C III 4069 Å. Ces auteurs ont également déterminé les abondances relatives des divers éléments pour cette étoile et ont trouvé des valeurs de même ordre pour N, C et O. Cette étude montre donc nettement la présence simultanée de C et O dans une étoile de la série de l'azote. Dans le cas général où les raies sont larges (souvent 20 à 30 Å), C IV 4658 et C III 4648 et 4069 Å peuvent très difficilement être mises en évidence en raison des bandes intenses N III 4640 Å et N IV 4058 Å. Il est à noter, toutefois, que Campbell avait cru devoir relever des maxima du côté rouge de la bande N III 4640 Å dans le spectre de HD 192163 qui pourraient avoir la même interprétation que ci-dessus. Je reviendrai ultérieurement sur cette question. En ce qui concerne l'oxygène, Aller, dans son travail sur les Wolf-Rayet les plus brillantes de l'hémisphère Nord (³), attribue la radiation 3705 Å, dans la série du carbone, à O III et He I alors que, dans la série de l'azote, il l'attribue uniquement à He I. Or, le terme inférieur de la même série de He I est à 3819 Å, il devrait être plus intense que 3705 Å alors qu'il ne figure pas dans sa liste de longueur d'onde. Il semble donc qu'on doive l'attribuer dans ce cas aussi, au moins en partie, à O III (⁴).

Un résultat nouveau semble confirmer la présence de l'oxygène dans les étoiles de la classe WN. Pendant l'été 1948, j'ai pris d'assez nombreux clichés des étoiles de Wolf-Rayet de la constellation du Cygne à l'aide du spectro-

(²) J. Neubauer et L. H. Aller, *Astrophysical Journal*, 107, 1948, p. 281.

(³) L. H. Aller, *Astrophysical Journal*, 97, 1943, p. 135.

(⁴) Une radiation assez mal définie et située vers 4930 Å, dans la série du carbone, a été attribuée par Aller (³) à HeI 4921 Å, l'écart en longueur d'onde est trop grand pour que l'on puisse considérer cette identification comme satisfaisante. Dans certains de nos clichés, on voit deux maxima situés vers 4940 et 4925 Å ce qui nous incite à penser qu'il s'agit de OV. Une radiation analogue observée dans la série de l'azote et attribuée aussi à HeI 4921 Å par Aller a une longueur d'onde un peu plus grande, voisine de 4940 Å. Elle présente des maxima secondaires qui montrent qu'il s'agit probablement de NV.

graphe à un prisme attaché au télescope de 120^{cm} de l'observatoire de Haute-Provence. Un cliché surexposé du spectre de HD 191765 de classe WN 6 pris le 11 juillet 1948 de 0^h55^m à 1^h10^m TU sur plaque Eastman 103 a-C met en évidence des radiations faibles, se détachant peu sur le fond continu, mais néanmoins très visibles. Elles sont d'ailleurs soupçonnées sur d'autres clichés de cette même étoile ainsi que sur un spectre de HD 192163. Certaines de ces radiations sont situées vers 4160, 4150 et 4135 Å, elles peuvent être identifiées à des émissions de OV ainsi qu'une raie faible, située dans l'aile de HeII 5412 Å, vers 5472 Å. Les raies les plus fortes de OV semblent être, d'après les tables de Miss Moore, 4124 et 4120 Å. Celles-ci se trouvent masquées par la forte bande située à 4100 Å, toutefois, sur les enregistrements, on décèle un crochet assez fort vers 4126 Å et un autre, plus faible, vers 4120 Å. On trouve également une émission à 4795 Å qui pourrait être attribuable à OIV. On n'observe aucune raie de OIII, les radiations caractéristiques de cet ion se trouvant en dehors du domaine spectral étudié. Toutefois, OIII 5592 Å ne figure pas sur nos clichés. Trois raies fines à 5041, 5015 et 5000 Å peuvent être attribuées à NII, pour 5015 Å, il y a lieu d'envisager la superposition de HeI 5015 Å à NII. On pourrait se demander si certaines de ces raies ne sont pas dues à Si, cet élément semble en effet présent dans le spectre de HD 191765 par SiIII 4575, 4565 et 4550 Å sur l'aile de HeII 4541 Å, et il n'est pas impossible que SiIV apporte sa contribution à la bande 4100 Å dont la largeur est plus grande que celle des autres bandes principales.

Il convient également de signaler l'existence probable d'une émission faible, de même largeur que les raies principales, située vers 5200 Å. Cette radiation, visible à la fois dans le spectre de HD 191765 et dans celui de HD 192163, est mise en évidence sur des clichés fortement posés en raison d'un maximum de sensibilité de la plaque dans cette région. Il semble y avoir, en outre, une faible absorption du côté violet de la raie. On pourrait tenter de l'attribuer à une radiation assez intense de SiII, non classée dans les tables de Miss Moore, toutefois, on ne peut pas ne pas remarquer la coïncidence de cette raie avec la radiation interdite [NI] 5199 Å, bien que, jusqu'ici, on n'ait jamais observé de radiations interdites dans les spectres des étoiles de Wolf-Rayet.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'irréversibilité du temps et la représentation des notions fondamentales de la Mécanique*. Note de M. **Léon Motchane**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

La question examinée dans cette Note se rattache au problème général du choix d'un instrument mathématique spécifiquement adapté à la représentation des phénomènes physiques. Problème particulier : Les notions mathématiques (fonctions, opérations) usuellement employées pour décrire des phénomènes du mouvement physique (par opposition au mouvement géométrique) reflètent-

elles tous les caractères essentiels des phénomènes physiques observables, en particulier celui de l'irréversibilité du temps ?

I. La représentation mathématique habituelle en Mécanique (classique, quantique ou relativiste) ne tient pas compte d'une manière *intrinsèque* de l'irréversibilité du temps. La convention sur le sens de variation de la *variable temps* n'est pas un caractère spécifique des fonctions couramment employées. Les fonctions dont on se sert sont définies bilatérales (continuité, dérivabilité bilatérales), tandis que le phénomène physique correspondant n'est défini qu'unilatéralement. Or, les fonctions unilatérales étant plus générales que les fonctions bilatérales, il est légitime de se demander quelles pourraient être les interprétations physiques des propriétés particulières aux premières. Portons les variations du temps sur un axe quelconque de gauche à droite; soit $\{A_n\}$ une suite de mesures dont la dernière est faite à l'instant t_0 et ayant, par exemple toutes la même valeur A; en disant que A est constant par rapport au temps, nous affirmons au plus que les résultats d'une série de mesures faite toujours dans le même sens de la variable sont identiques. Quel que soit l'instant t_0, nous ne pourrons jamais rien dire sur la valeur de la mesure analogue en approchant de cet instant du côté ultérieur. Donc, A est au plus une *constante gauche*. Un raisonnement analogue montre qu'une vitesse instantanée est au plus un nombre dérivé gauche fini (se réduisant quelquefois à la dérivée gauche unique). Cela est vrai de toute notion instantanée. Donc, on peut formuler le

Principe I. — *Tous les phénomènes physiques fonctions du temps sont représentés par des fonctions définies gauches. Les phénomènes instantanés sont représentés par des fonctions dérivées gauches* [1] (noté Dg). Ces fonctions qui s'introduisent en Mécanique par des considérations purement physiques sont pour la plupart ponctuellement discontinues. Elles sont maniables surtout depuis les travaux de M. Denjoy, mais pour remonter aux fonctions primitives, *l'intégrale de Lebesgue est insuffisante et la totalisation de M. Denjoy est essentielle.*

II. Voici une conséquence physique d'une portée très générale : désignons par notion physique primitive ou *notion primitive* I, toute notion ayant la dimension physique d'une fonction primitive (intégrale ou totale) d'une fonction Dg, elle-même pourvue d'une dimension physique et par conséquent, représentant des mesures des phénomènes physiques. Remarquons que d'après ce qui précède, l'addition à une primitive I, d'une fonction ayant en chaque point sa dérivée gauche nulle (noté Dg, O), ne change pas la dérivée gauche de I.

---

(1) Ou plus exactement : *qui représentent en chaque point un dérivé gauche fini d'une fonction inconnue.*

L'indétermination de I porte donc non sur une constante, mais sur une fonction à dérivée gauche nulle, dont on sait (T. Viola, *Thèse*) que : 1° l'ensemble de ses discontinuités $E(x)$ est dénombrable ; 2° elle est constante sur les intervalles contigus à $E(x)$. Il s'ensuit que I est une fonctionnelle définie par une infinité dénombrable de conditions initiales et dans le cas général, sa variation [aussi petite que l'on veut pourvu que l'intervalle de variation comprenne des points de $E(x)$] $I(b)-I(a)$, est représentée par une suite discrète de constantes. C'est la transcription mathématique rigoureuse de l'hypothèse physique de quantification : en effet, les expressions de l'*énergie*, de l'*action*, de la *force vive*, qu'il s'agisse de la physique classique ou quantique, sont des *notions primitives* I au sens défini plus haut. On en conclut que dans le cas général, *les notions primitives* I se présentent sous la forme des états discrets. En d'autres termes : *La quantification en physique n'est pas une hypothèse, c'est une nécessité logique. La donnée d'observation, l'irréversibilité du temps entraînent comme conséquence immédiate une quantification des notions physiques primitives.*

III. Les propriétés des Dg et des Dg, O montrent qu'on peut imaginer une infinité de quantifications possibles qui, cependant, ne sont pas entièrement arbitraires (je me propose d'en donner ultérieurement une classification). C'est l'expérience qui a décidé en faveur du quantum d'action h. Si l'on calcule la totale action $I=I_0+f_0$, où I_0 est l'intégrale D et f_0 une Dg, O, on voit que l'allure de f_0 (fonction *en escalier*) qui donne des états quantiques, n'est déterminée grâce à h que par l'aire des rectangles dont les côtés ont respectivement les dimensions des moments p et des longueurs x; il s'ensuit que : 1° les états quantiques sont bien discrets. 2° la seule limitation porte sur le produit $\Delta p.\Delta x \geqq h$. Aucune indication n'est donnée sur la mesure simultanée de Δp et de Δx (le principe d'incertitude de Heisenberg). L'allure générale des fonctionnelles d'intégration, sur les intervalles contigus à $E(q)$ pour les fonctions de q indéfiniment dérivables à gauche a la forme de :

$$\sum q^n f_n, \qquad (1)$$

où les f_n sont des Dg, O. La convergence de (1) dépend de la signification physique des f_n. On peut mettre f_n sous la forme $f_n(q)=\sum_i \omega_{n,i}\varepsilon_i$ où les $\omega_{n,i}$ sont les sauts correspondant à $q \in E(q)$, et $\varepsilon_i = \pm 1$. On obtient ainsi une infinité de matrices $f_0, f_1, \ldots f_n, \ldots$ et aussi une matrice générale donnée par (1). Il semble possible d'utiliser ces matrices pour le calcul des états quantiques.

MAGNÉTISME. — *Champ coercitif et granulométrie du nickel Raney.*
Note de M. **Louis Weil**, transmise par M. Aimé Cotton.

M. Néel a montré que les poudres ferromagnétiques très fines ont un grand champ coercitif ([1]), ([2]) et qu'en augmentant leur densité de tassement, par compression ou par chauffage, on doit s'attendre à voir le champ coercitif diminuer. Nous avons vérifié ces résultats sur le nickel ([3]), ([4]) et constaté un bon accord de l'ordre de grandeur calculé par M. Néel avec les valeurs observées : une centaine de gauss pour des poudres obtenues par réduction de l'oxalate ou du formiate de nickel.

On sait que cette méthode de préparation du nickel qui donne le catalyseur de Sabatier a été remplacée dans la technique chimique par la méthode de Raney : on dissout dans une solution de soude bouillante un alliage de nickel et d'aluminium. Le métal ainsi obtenu est plus actif au point de vue catalytique et, effectivement, Guinier a montré ([5]) que son grain pouvait descendre à 60 Å.

Lorsqu'on comprime cette poudre on observe cette fois *une augmentation du champ coercitif* et lorsqu'on la chauffe, sous hydrogène, une augmentation plus notable encore. C'est ainsi qu'un nickel Raney de 11,2 gauss de champ coercitif, *valeur notablement plus basse que pour les nickels réduits*, passe par compression sous 5 t/cm² à 15,6 et par un recuit de 2 heures à 300° à 33,5 gauss.

Une théorie récemment développée par M. Néel ([6]) permet d'expliquer cette anomalie. Lorsque les grains d'un ferromagnétique sont trop fins, l'agitation thermique empêche l'établissement d'une aimantation rémanente stable. Le corps se comporte alors comme un paramagnétique du point de vue de la variation de l'aimantation en fonction du champ, c'est-à-dire qu'*il n'a pas de champ coercitif*. Elmore ([7]) a observé ce comportement pour des oxydes colloïdaux. Pour le nickel, à température ordinaire, le diamètre critique est de l'ordre de 500 Å, d'après la formule de M. Néel; dans l'hydrogène liquide il ne serait plus que de l'ordre de 140 Å. Or le nickel Raney que nous avons étudié a, selon une mesure de M. Bertaut faite par la méthode des largeurs de raies X, un diamètre moyen de 50 Å. La plus grande partie des grains qui le constituent a donc un diamètre considérablement inférieur à la dimension

---

([1]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1488.
([2]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1550.
([3]) L. Weil et S. Marfoure, *Journ. de Phys.*, VIII, 8, 1947, p. 358.
([4]) L. Weil, *Congrès de Métallurgie des Poudres*, Graz, juillet 1948.
([5]) *Ann. de Physique*, **12**, 1939, p. 209.
([6]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 664.
([7]) *Phys. Rev.*, **54**, 1938, p. 1092.

critique à température ordinaire et seule une faible fraction est ferromagnétique au sens ordinaire du terme. Tout se passe donc comme si l'on avait un mélange de deux substances, l'une en faible quantité ayant un champ coercitif de l'ordre d'une centaine de gauss, l'autre ayant un champ coercitif nul. Le champ coercitif résultant est donc nettement plus faible que celui qu'on observe sur les grains de l'ordre de 500 Å de diamètre que donne la réduction de l'oxalate.

Tout ce qui peut tendre à diminuer la proportion des grains très fins, c'est-à-dire leur compression ou leur chauffage, qui favorisent tous deux une agglomération, doit donc entraîner une augmentation du champ coercitif. On comprend ainsi pourquoi le nickel Raney se comporte différemment des poudres réduites de ce point de vue.

Lorsqu'on abaisse la température, nous avons vu que le diamètre critique diminue; dans une poudre déterminée, la proportion des grains plus gros que cette limite devient donc plus grande lorsqu'on refroidit et le rapport de l'aimantation rémanente à la saturation augmente. Dans le tableau ci-dessous nous avons réuni les valeurs observées, les saturations étant mesurées dans 2000 gauss.

	22° C.	— 196° C.	— 253° C.
$\frac{\sigma_R}{\sigma_{2000}}$	6,4 %	26 %	38 %

A la croissance du champ coercitif par variation d'anisotropie observée pour le nickel réduit doit se superposer une variation due à l'augmentation de la proportion de ferromagnétique vrai et l'augmentation de H_c doit donc être plus rapide lorsque la température décroît. Voici des valeurs comparées de H_c :

	22° C.	— 196° C.	— 253° C.
Ni réduit....	105	212	265
Ni Raney....	10,3	71,4	161,5

On remarque que même dans l'hydrogène liquide, le nickel Raney n'a pas encore atteint le champ coercitif du nickel réduit : si l'on admet que leurs constantes d'anisotropie sont les mêmes, cet écart s'explique par le fait qu'à cette température encore une fraction notable des grains est plus petite que la dimension critique.

D'ailleurs le rapport σ_R/σ_{2000} n'est encore que de 38 % à — 253° au lieu des valeurs de l'ordre de 60 % que donne le nickel réduit. Le rapprochement de la dimension critique donnée par la formule de M. Néel pour cette température, soit environ 140 Å, avec le diamètre moyen mesuré aux rayons X (50 à 90 Å) explique qualitativement ce résultat.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Nouvelle solution du problème de la diffraction des ondes électromagnétiques par un écran plan parfaitement conducteur.* Note de M. **Jean-Pierre Vasseur**, présentée par M. Albert Pérard.

Nous nous proposons cette fois et avec les mêmes notations que dans une Note précédente [1] de résoudre le problème à l'aide d'équations intégrales étendues à la surface de l'écran.

De la comparaison avec les formules trouvées précédemment, nous déduirons le principe de Babinet sous sa forme rigoureuse. Soit $\overline{E}^0$, $\overline{H}^0$ le champ incident dans $z < 0$ en *l'absence d'écran*. Après l'introduction de l'écran, les champs deviennent :

(18) dans $z < 0$, $\overline{E} = \overline{E}^0 + \overline{E}^1$, $\overline{H} = \overline{H}^0 + \overline{H}^1$,

(19) dans $z > 0$, $\overline{E} = \overline{E}^0 + \overline{E}^2$, $\overline{H} = \overline{H}^0 + \overline{H}^2$.

Les conditions aux limites sont pour $z = 0$

(20) $E_t^1 = E_t^2$, $H_t^1 = H_t^2$, sur S, surface de l'ouverture,

(21) $E_t^0 + E_t^1 = 0$, $E_t^0 + E_t^2 = 0$, sur Σ, surface de l'écran.

En tenant compte des relations de symétrie :

(22) $$\left\{\begin{array}{l} E_x^1(x, y, -z) = E_x^2(x, y, z) \\ H_x^1(x, y, -z) = -H_x^2(x, y, z) \\ E_z^1(x, y, -z) = -E_z^2(x, y, z) \\ H_z^1(x, y, -z) = H_z^2(x, y, z) \end{array}\right.$$ et de même sur Oy,

les relations (20) et (21) se réduisent à

(23) $H_t^1 = H_t^2 = 0$, sur S,

(24) $E_t^2 = -E_t^0$ sur Σ,

d'où

(25) $H_n^2 = -H_n^0$ sur Σ.

Nous créerons le champ $\overline{E}^2\overline{H}^2$ dans $z > 0$ par des courants électriques de densité $\overline{i}$, $(i_x, i_y, 0)$ répartis sur Σ. La condition (23) sera ainsi remplie.

Nous calculerons ensuite le champ $\overline{E}^1\overline{H}^1$ par (22), puis les champs totaux par (18) et (19).

Il ne reste donc, pour résoudre le problème, qu'à déterminer la densité $\overline{i}$ pour satisfaire à la relation (24). Le calcul est analogue à celui de la Note précédente

---

[1] *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 179-181.

et conduit aux équations intégrales

$$(26)\qquad -E^0_{x(M)} = -\frac{ik}{c}\iint_{\Sigma} i_{x(P)}\varphi_{(MP)}\,d\sigma_{(P)} - \frac{1}{ikc}\frac{\partial}{\partial x}\iint_{\Sigma}\varphi_{(MP)}\operatorname{div}\bar{i}_{(P)}\,d\sigma_{(P)} + \frac{1}{ikc}\frac{\partial}{\partial x}\iint_{S'}\frac{1}{\varepsilon}\varphi_{(MP')}\left[\bar{n}\wedge\bar{i}.\bar{t}\right]_{(P')}d\sigma_{(P')},$$

$$(27)\qquad -E^0_{y(M)} = -\frac{ik}{c}\iint_{\Sigma} i_{y(P)}\varphi_{(MP)}\,d\sigma_{(P)} - \frac{1}{ikc}\frac{\partial}{\partial y}\iint_{\Sigma}\varphi_{(MP)}\operatorname{div}\bar{i}_{(P)}\,d\sigma_{(P)} + \frac{1}{ikc}\frac{\partial}{\partial y}\iint_{S'}\frac{1}{\varepsilon}\varphi_{(MP')}\left[\bar{n}\wedge\bar{i}.\bar{t}\right]_{(P')}d\sigma_{(P')},$$

$$(28)\qquad H^0_{z(M)} = \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial x}\iint_{\Sigma}\varphi_{(MP)}\,i_{y(P)}\,d\sigma_{(P)} - \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial y}\iint_{\Sigma}\varphi_{(MP)}\,i_{x(P)}\,d\sigma_{(P)}$$

(i en dehors des intégrales représente $\sqrt{-1}$).

La symétrie entre les équations (15), (16), (26) et (27) devient remarquable si nous remplaçons au premier membre des premières

$$\frac{1}{2}H_{0x}\ \text{par}\ H^0_x \qquad \text{et} \qquad \frac{1}{2}H_{0y}\ \text{par}\ H^0_y.$$

Soient donc un écran $\mathcal{E}$ de surface Σ et d'ouverture S, les grandeurs correspondantes n'étant pas primées, et l'écran complémentaire $\mathcal{E}'$ de surface S et d'ouverture Σ, les grandeurs correspondantes étant primées.

Si les champs incidents sont tels que

$$(29)\qquad \overline{H^0} = -\overline{E'^0}, \qquad \overline{E^0} = \overline{H'^0},$$

et si nous calculons le champ diffracté par $\mathcal{E}$ avec les équations (15) et (16) et celui diffracté par $\mathcal{E}'$ avec (26) et (27), nous trouvons

$$(30)\qquad \bar{j} = \bar{i}',$$

c'est-à-dire

$$(31)\qquad \overline{E_2} = -\overline{H'^2}, \qquad \overline{H_2} = \overline{E'^2}.$$

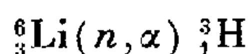
Ce qui peut s'écrire

$$E_2 + H'_2 = H'^0 = E^0,$$
$$H_2 - E'_2 = -E'^0 = H^0.$$

Cette expression correcte du principe de Babinet a été énoncée par H. G. Booker dans un travail non publié et démontrée par E. T. Copson à partir de ses équations intégrales, dont les lacunes ne jouent pas de rôle sur ce point. La démonstration donnée ici est rigoureuse.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la désintégration nucléaire du lithium par neutrons rapides.* Note (*) de M. **Ludwik Natanson**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La détermination de la quantité d'énergie dégagée dans la désintégration du lithium par les neutrons thermiques



$$^{6}_{3}\mathrm{Li}(n,\alpha)\,^{3}_{1}\mathrm{H}$$

a été le sujet de quelques publications récentes (1) (2) (3).

Nous avons repris l'étude de la même réaction par la méthode des traces dans une émulsion photographique chargée de lithium, toutefois avec des neutrons rapides. Dans ce cas l'impulsion communiquée par l'impact du neutron incident n'est pas négligeable et les deux noyaux, produits de la réaction, partent dans des sens formant un angle qui peut différer sensiblement de 180° dans le système de référence de la plaque.

On sait que la section efficace du noyau $^{6}_{3}\mathrm{Li}$ pour les neutrons décroît rapidement quand l'énergie des neutrons augmente, mais une évaluation basée sur les données du *Science and Engineering of Nuclear Power* (4) indique qu'on peut s'attendre à trouver un nombre suffisant de traces même ne disposant que d'une source de neutrons relativement faible.

Une plaque Ilford C 2 à émulsion chargée de lithium de 100^{μ} d'épaisseur a été irradiée pendant huit heures par les neutrons provenant d'une source de beryllium mélangé à environ 40^{mg} de radium (sous forme de $\mathrm{RaSO_4}$). Pour réduire le noircissement de la plaque par le rayonnement γ du radium un écran de 60^{mm} de plomb était placé entre la source de neutrons et la plaque.

En fait les traces des désintégrations du lithium présentaient en général un aspect un peu différent de celui que nous attendions, à cause des déflections subies par les particules α et surtout par les tritons sur leurs parcours. On a réussi cependant à choisir une vingtaine de cas qui étaient assez clairs pour que la longueur des traces et les angles entre elles puissent être mesurés sans trop d'ambiguïté et dans lesquels les traces formaient des angles négligeables avec le plan de la plaque.

Pour trouver les énergies des particules α on s'est servi des courbes de

---

(*) Séance du 29 août 1949.

(1) Mme Faraggi, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 528.

(2) Bøggild et Minnhagen, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 782.

(3) Chastel, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1725.

(4) Tirées des travaux non publiés de Blair et d'autres (Los Alamos).

Powell et Occhialini ([5]), celles des tritons ont été calculées par la formule

(1) $$E = 0,262\,M^{0,425}R^{0,575} \quad (^6);$$

E, énergie en MeV; M, masse en unités de masse atomique; R, parcours en μ.

L'énergie dégagée dans la réaction considérée est évidemment égale à la différence entre la somme des énergies cinétiques de la particule α et du triton d'une part et celle du neutron incident d'autre part. On trouve cette dernière aisément en tenant compte du fait que la quantité de mouvement du neutron incident doit être dans chaque cas égale à la somme vectorielle des quantités de mouvement de la particule α et du triton.

Les valeurs obtenues de cette façon se trouvent dans le tableau ci-dessous (en MeV) :

4,61	5,19	4,60	4,44	4,06
4,98	5,60	5,02	4,24	4,38
4,40	4,40	4,55	4,44	5,82
4,45	4,26	4,50	4,86	4,76

On obtient en moyenne

$$E = 4,69 \pm 0,10 \text{ MeV},$$

l'écart moyen étant calculé par la formule usuelle.

Ce résultat est en bon accord avec les résultats obtenus ailleurs, notamment :

Mme Faraggi	4,70 MeV
MM. Bøggild et Minnhagen.....	4,56 ± 0,08 MeV (= 7/3 E_α) 4,92 ± 0,03 MeV (= 7/4 E_{3H})
M. Chastel	4,66 MeV

et d'autre part, il est proche de la valeur 4,64 MeV déduite des masses nucléaires, telles que données par M. Segré.

On peut donc supposer que : 1° les particules α et les tritons produits de désintégrations du lithium par les neutrons rapides se trouvent respectivement dans les mêmes états que ceux produits des désintégrations par les neutrons thermiques et, 2° la formule empirique (1) semble donner une approximation suffisante pour des problèmes de ce genre.

Il serait évidemment très intéressant d'étudier la question de la distribution statistique des angles entre la direction du neutron incident et celle soit de la particule α, soit du triton (la somme de ces deux angles devant être égale à 180°) dans le système de référence du centre de masse, mais nous ne croyons pas encore avoir atteint dans nos mesures le degré de précision nécessaire.

([5]) *Nuclear Physics in Photographs*, p. 16-17.

([6]) Blau, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 279.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les chaleurs d'adsorption de l'oxyde nitrique par le charbon actif.* Note (*) de M. **Jean Perreu**, présentée par M. Paul Pascal.

Le calorimètre à glace de Bunsen nous a permis de déterminer les chaleurs d'adsorption, de l'oxyde nitrique NO par le charbon actif de noix de coco, à 0° C, d'après la méthode exposée dans des publications antérieures ([1]).

1. Préparation. — Pour obtenir ce gaz, nous utilisons l'action réductrice du sulfate ferreux, en solution aqueuse additionnée de SO_4H_2, sur le nitrite de sodium. Le gaz dégagé est lavé à l'eau qui absorbe N_2O, puis dans l'acide sulfurique et la potasse qui retiennent NO_2; il est enfin desséché sur Cl_2Ca et P_2O_5; finalement, il contient environ 98,5 % de NO.

2. Mesure des chaleurs intégrales. — Dans nos expériences, l'adsorption assez rapide en milieu dilué devient très lente aux concentrations plus fortes, pour lesquelles la période calorimétrique principale atteint 50 et même 80 minutes. Dans ce dernier cas, la correction est notable; il en résulte une certaine imprécision dans les mesures. D'autre part, le mercure resté en contact avec le gaz *fait la queue* sur la paroi interne des tubes en pyrex; la burette se recouvre intérieurement, par endroits, d'une pellicule adhérente de mercure qui gêne dans la lecture du volume.

Voici les résultats de nos mesures :

Concentrations		Pressions finales	Chaleurs intégrales	
m (mmg).	$c\times 10^4$ (molg).	(en cm de Hg).	Q_c (calg).	Q'_c (calg/molg).
1,70	0,57	0,9	1,54	27,160
3,77	1,26	1,5	3,19	25,380
6,50	2,17	3,8	5,20	24,010
7,18	2,38	5,4	5,85	24,590
7,45	2,48	6,5	6,05	24,370
10,20	3,40	11,3	8,02	23,580
11,85	3,95	13,2	9,30	23,540
12,96	4,32	16,0	9,96	23,060
13,92	4,63	17,5	10,64	22,980
14,31	4,77	18,7	10,81	22,660
15,33	5,11	20,9	11,45	22,420
17,78	5,92	25,7	13,30	22,460
20,70	6,90	31,8	14,97	21,700
23,57	7,85	38,5	16,40	20,890
25,92	8,64	41,4	17,90	20,600
28,38	9,45	45,8	19,07	20,180
30,96	10,32	54,3	20,82	20,170
33,69	11,23	59,7	22,10	19,680

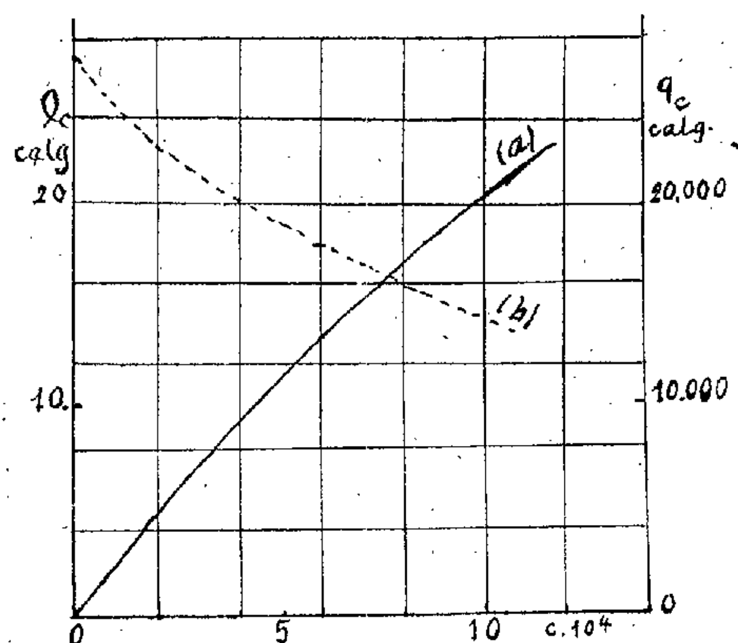
(*) Séance du 12 septembre 1949.

([1]) J. Perreu, *Bull. Soc. Chim.*, [5], 16, 1949, p. 43; *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 907.

3. CALCUL DES CHALEURS DIFFÉRENTIELLES. — Nous avons calculé ces dernières pour quelques concentrations, à partir des coefficients angulaires des tangentes menées au graphique moyen $Q_c = f(c)$, des chaleurs intégrales, ce qui donne les nombres suivants :

$c \times 10^4$.....	0	2	4	6	8	10
q_c calg.....	27,000	22,870	20,500	18,100	15,900	14,300

4. GRAPHIQUES. — La figure ci-après représente, en fonction des concentrations c, les courbes des chaleurs intégrales Q_c (courbe a), et des chaleurs différentielles q_c (courbe b). Ces graphiques ont l'allure générale observée pour les autres gaz étudiés.



Graphiques de Q_c et de q_c en fonction de c.
Courbe (a) : $Q_c = f(c)$; courbe (b) : $q_c = \varphi(c)$.

5. EXAMEN DES RÉSULTATS. — *a. Adsorbabilité.* — Sous une pression d'équilibre donnée, NO est moins adsorbé que C_2H_2, SH_2, NH_3, $(CH_3)^2O$ et plus adsorbé que les autres gaz soumis à l'expérience.

b. Chaleurs intégrales. — Comme pour la généralité des gaz, elles croissent avec la concentration, ainsi que le montre la courbe (a). A une concentration donnée, ces chaleurs sont plus fortes que celles des autres gaz étudiés, excepté l'oxygène dilué.

c. Chaleurs différentielles. — Elles varient en sens inverse de la concentration. Pour une saturation donnée, elles dépassent celles des autres gaz, sauf l'oxygène dilué. La chaleur différentielle initiale atteint 27000^{calg} et se place entre celle de l'oxygène (90000^{calg}) et celle de SH_2 (21000^{calg}). Il est possible que le système (C + NO) soit le siège, au cours des mesures, d'une *adsorption chimique*, comme le système (C + O) [1].

d. Valeur du rapport q_c/L. — Ce rapport, où q_c est la chaleur différentielle en milieu dilué, L la chaleur moléculaire de condensation du gaz, est égal à 4,34 (pour $c = 10 \times 10^{-4}$, $q_c = 14300^{\text{cal}}$; $L = 3293^{\text{cal}}$). Il est supérieur à ceux

de C_2H_4, SH_3, NH_3 et varie suivant la règle générale, en *sens inverse du point d'ébullition des gaz*.

e. Chaleur propre d'adsorption λ. — Cette chaleur $\lambda = q_c - L$ est égale à 11007. *Elle est positive et ce résultat concorde avec la forme de l'isotherme de* 0° C.

6. Conclusion. — *L'oxyde nitrique se comporte comme la plupart des gaz, quant au sens de la variation de* Q_c *et de* q_c *avec la concentration gazeuse de l'adsorbant. Il suit la règle générale concernant la variation du rapport* q_c/L *avec le point d'ébullition des gaz.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Analyse turbidimétrique des constituants du sérum sanguin.* Note de M. **Jean Loiseleur**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

1. Dans une suspension protéidique, le potentiel ψ au voisinage de l'ion protéidique est de la forme $\psi = (\varepsilon/D)(e^{-\varkappa r}/r)$ (expression de Debye, où ε représente la somme des charges de l'ion, r son rayon, D la constante diélectrique du milieu de dispersion et $1/\varkappa$ l'épaisseur du nuage d'ions qui équilibre, dans ce milieu, la charge ε). Si la concentration saline du milieu augmente [notamment quand il s'agit d'un ion bivalent tel que $SO_4(NH_4)^2$ ou SO_4Na_2], $1/\varkappa$ diminue et ψ s'abaisse à une valeur qui permet la soudure des particules et leur floculation. Remarquons que, dans l'expression précédente, D est grand ($D \sim 80$ en milieu aqueux) par rapport à la charge ε : des particules possédant le même rayon et des charges de valeurs voisines $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_n$ floculeront simultanément. De fait, dans le sérum sanguin, l'addition progressive de $SO_4(NH_4)^2$ permet seulement de séparer la sérum-albumine et les globulines, ces dernières possédant un rayon r de valeur double; mais la scission fine des globulines est très incertaine et, dans tous les cas, inférieure à celle que permet la méthode électrophorétique de Tiselius.

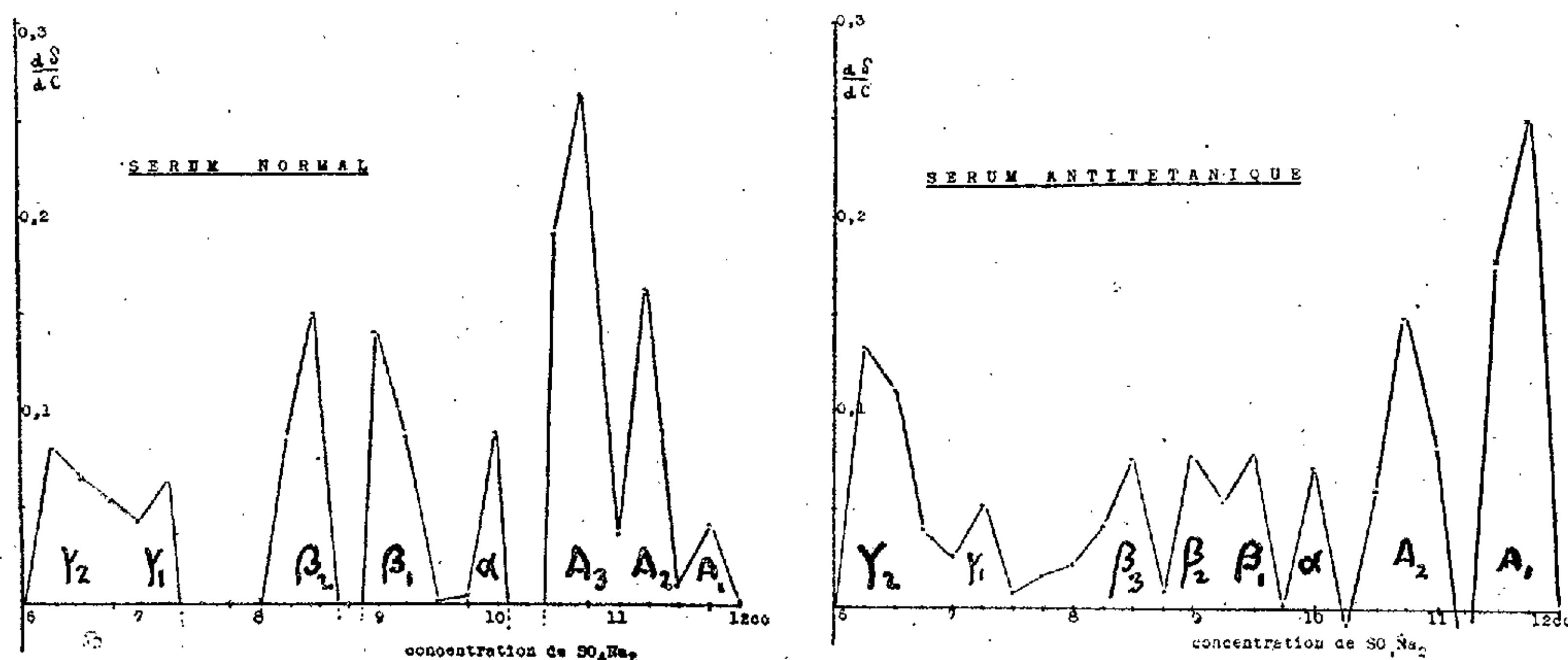
2. La diminution de la valeur de la constante diélectrique D entraîne, conformément à l'expression initiale, deux effets importants : *a.* le potentiel ψ augmente; *b.* la valeur de la charge individuelle $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_n$ des différents constituants devient un facteur prépondérant dans la détermination de chacun des potentiels correspondants $\psi_1, \psi_2, \ldots, \psi_n$. En conséquence, la diminution de l'épaisseur $1/\varkappa$ du nuage d'ions reste sans effet sur la stabilité de la solution : en présence d'une concentration suffisante en glycol, la solution protéidique échappe (comme je l'ai signalé précédemment) (¹) à l'action de tous les agents de précipitation, SO_4Na_2 aussi bien que CCl_3CO_2H. Il suffit d'ajouter de l'eau, laquelle entraîne l'augmentation de D, pour voir apparaître la floculation.

On conçoit qu'il existe pour D (c'est-à-dire pour la concentration du glycol)

(¹) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 904.

une valeur intermédiaire qui entraîne à la fois une différenciation suffisante de ψ pour les valeurs de la charge $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_n$ de chacun des constituants protéidiques et qui s'oppose en même temps à la floculation totale, *tout en permettant l'apparition d'une opalescence grâce à la soudure légère des particules de même charge*. On assiste ainsi, à mesure de l'addition de l'agent floculant, à une augmentation de la densité optique, augmentation qui se produit *par paliers* à mesure que la variation de $1/\chi$ atteint la valeur critique correspondant au *potentiel de soudure* de chacun des constituants protéidiques de charges croissantes $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_n$. Il suffit d'inspecter ces paliers pour connaître le nombre des constituants et leurs concentrations respectives.

3. Voici les indications que donne cette technique sur le sérum sanguin. On mélange 25^{cm^3} de sérum et 75^{cm^3} de glycol. On répartit par 4^{cm^3} dans 25 tubes à essais. On prépare en même temps une série de tubes contenant respectivement 6, 6,25, 6,5, ..., 11,75, 12^{cm^3} de SO_4Na_2 (20^g ajoutés à 100^{cm^3} d'eau), en complétant par addition d'eau tous les volumes à 12^{cm^3}. On mélange un tube de sérum et celui qui contient le volume le plus faible de SO_4Na_2 et l'on opère aussitôt la mesure de la densité optique δ, en lumière blanche (épaisseur de la cuve : 10^{mm}). En opérant à température constante, on répète l'opération pour toutes les concentrations croissantes de SO_4Na_2 et l'on calcule en chaque point la dérivée $d\delta/dC$.



Les Courbes.
Courbe I : diagramme du sérum normal (Cheval).
Courbe II : diagramme du sérum antitétanique (2300 U).

Pour le sérum normal de Cheval (courbe I), on constate sur le diagramme (en $d\delta/dC$ et C de SO_4Na_2) l'existence de huit fractions. La présence d'anticorps se traduit par l'augmentation de certaines fractions globuliniques (courbe II).

En résumé, la méthode turbidimétrique indique, pour le sérum, un nombre de constituants supérieur à celui de l'électrophorèse, tout en exigeant un matériel et une technique beaucoup plus simples.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude dilatométrique de la transformation ordre ⇌ désordre dans les ferronickels voisins de* Ni_3Fe. Note de M. **Émile Josso**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Dans une Note précédente (¹) j'ai montré l'intérêt de l'analyse thermomagnétique pour étudier la transformation ordre ⇌ désordre des solutions solides fer γ-nickel. Mais, si cette méthode est très sensible pour les alliages dont le point de Curie est inférieur à la température où l'état ordonné commence à se détruire, elle est défaillante dans le cas contraire. En particulier, elle ne convient pas aux alliages magnétiques voisins du composé Ni_3Fe. Au contraire, la méthode dilatométrique différentielle selon la technique des revenus isothermes, en usage depuis vingt ans au laboratoire d'Imphy, se révèle d'un emploi beaucoup plus général : son aptitude à mettre en évidence la transformation ordre ⇌ désordre tient au fait que le réseau cristallin d'une solution solide varie avec le degré d'ordre (²), (³) et (⁴).

Cette aptitude a été reconnue dès 1921 sur un alliage or-cuivre essayé, à la demande de MM. A. Portevin et J. Durand (⁵), avec le prototype du dilatomètre différentiel Chevenard. Le même appareil a permis à son auteur d'étudier, sous le nom d'*anomalies* X (⁶), les singularités dilatométriques des solutions solides nickel-chrome, nickel-aluminium, cuivre-aluminium, etc., reconnues depuis comme des manifestations de la transformation ordre ⇌ désordre. Les résultats résumés dans la présente Note établissent que la méthode n'est pas moins avantageuse dans le cas des ferronickels apparentés au permalloy.

La figure 1 A, qui concerne un ferronickel C : 0,02 % ; Mn : 0,76 % ; Ni : 78,5 %, préalablement hypertrempé à 1000°, reproduit, à titre d'exemple, la courbe enregistrée au cours d'un maintien isotherme de 7 heures à 450°. On sait (⁷) qu'un séjour prolongé à cette température confère au métal un degré d'ordre élevé; la figure 1 A montre que la formation de la surstructure s'accompagne d'une importante contraction, qui s'amorce dès 400° au cours du chauffage. L'amplitude de cette condensation s'accroît avec la durée du traitement.

Inversement, si une éprouvette, bien ordonnée par un revenu prolongé entre 370° et 490°, est soumise à un essai dilatométrique poussé jusqu'à une température supérieure à celle de la transformation ordre → désordre, la

(¹) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1369.
(²) F. W. Jones et C. Sykes, *Proc. Roy. Soc.*, (A), **166**, 1938, p. 376.
(³) W. Betteridge, *J. of the Inst. of Metals*, **75**, 1949, p. 559.
(⁴) A. J. Bradley et A. H. Jay, *J. of the Iron and Steel Inst.*, **125**, 1932, p. 339.
(⁵) *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 325.
(⁶) P. Chevenard, *J. of the Inst. of Metals*, **36**, 1926, p. 39.
(⁷) P. Leech et C. Sykes, *Phil. Mag.*, **27**, 1939, p. 742.

destruction de l'état ordonné se traduit par une expansion, d'autant plus accusée que la surstructure initiale était plus parfaite : la figure 1 B, relative à un échantillon préalablement hypertrempé à 1000° puis revenu 100 heures

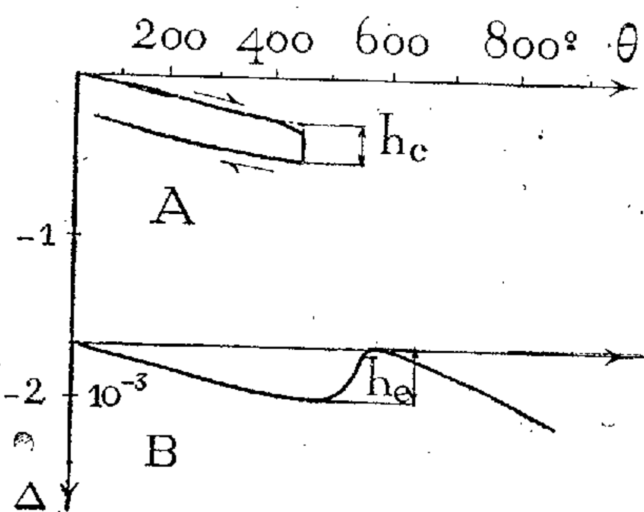


Fig. 1.

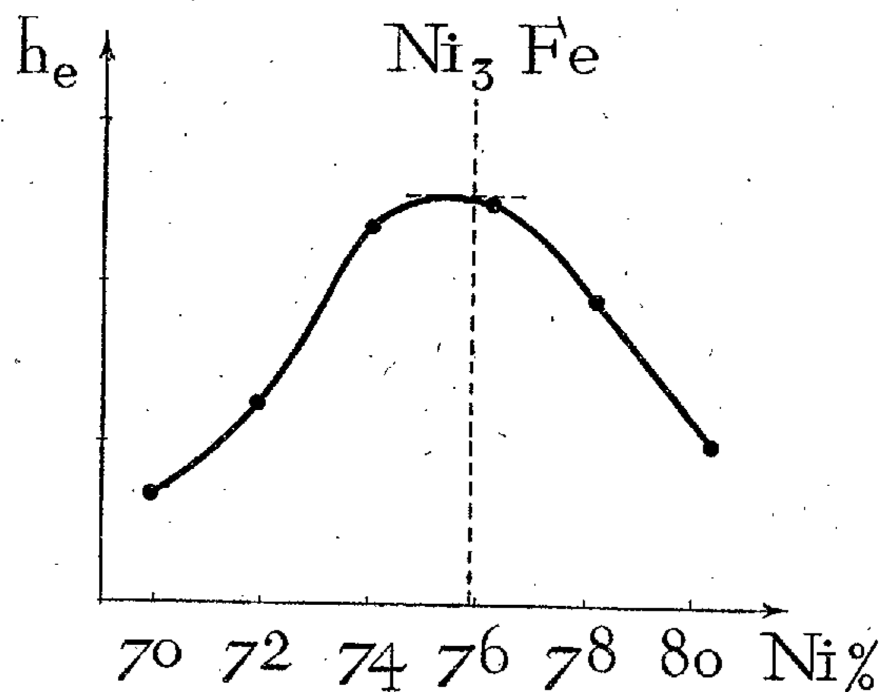


Fig. 2.

à 450°, donne un exemple de cette expansion. Les grandeurs des anomalies dilatométriques, désignées respectivement par h_c et h_e sur la figure 1, repèrent quantitativement l'amplitude des phénomènes en unités arbitraires, c'est-à-dire caractérisent le degré d'ordre.

Ces anomalies, fortement irréversibles, se différencient sans difficulté des singularités réversibles associées à la transformation magnétique ([8]).

Une série d'échantillons usinés dans des ferronickels de pureté exceptionnelle, à teneurs en Ni régulièrement étagées entre 70 et 80 % Ni ($C < 0{,}01$ % ; Mn et Si traces), ont été trempés à 1 000° dans l'eau glacée puis soumis à un revenu de 100 heures à 450°, destiné à leur conférer une structure ordonnée. A la suite de ce traitement, on a enregistré au dilatomètre l'amplitude des expansions h_e qui résultent du retour à l'état désordonné.

La figure 2 montre la variation de ce paramètre h_e en fonction de la teneur en nickel; la courbe passe par un maximum à l'aplomb de Ni_3Fe, ce qui illustre clairement le fait que l'aptitude à la formation de surstructure est, pour le traitement appliqué, d'autant moins marquée que l'alliage est plus éloigné de Ni_3Fe. Au delà de 80 % Ni, en particulier, les expansions observées ont une amplitude si faible, qu'il n'est plus possible de considérer comme négligeables, à côté d'elles, les anomalies de volume associées à la transformation magnétique.

Pour un même traitement thermique, la grandeur des variations de dimen-

---

([8]) P. Chevenard, *Travaux et Mémoires du Bureau International des Poids et Mesures*, 17, 1927.

sions observées paraît différer selon que l'on a affaire à un métal très pur, ou à un alliage industriel de même teneur en nickel. Sans doute cette diversité de comportement pourra-t-elle être utilisée pour déterminer l'action de certaines impuretés.

CHIMIE AGRICOLE. — *Solubilisation de l'acide phosphorique dans les sols calcaires.* Note (*) de M. **Pierre Boischot** et M[lle] **Ginette Sylvestre**, présentée par M. Albert Demolon.

Dans une précédente Note (1) l'un de nous a montré avec M. Marcel Coppenet que l'acide phosphorique des solutions du sol se fixait sur le calcaire par un phénomène d'adsorption et pouvait entrer a nouveau en solution sous l'action des humates alcalins.

Le but de cette Note est de préciser la façon dont l'acide phosphorique lié au calcaire peut repasser en solution.

Expérience sur du calcaire chimiquement pur. — Deux grammes de CO_3Ca chimiquement pur étaient agités avec 50^{cm^3} d'une solution de phosphate monocalcique, à $2^{mg},2$ par litre. Après 68 heures de contact, nous avons constaté que 75^{γ} de P_2O_5 étaient fixés sur les 2^g de calcaire.

Ceux-ci furent alors agités pendant 1 heure avec différentes solutions et l'on dosa P_2O_5 libéré.

P_2O_5 *solubilisé* % *du* P_2O_5 *du calcaire.*

Volume du liquide		Solution SO_4K_2 (concentr. ‰)		Oxalate d'ammoniaque (concentr. ‰)			Humate d'amm. (pH = 6,9) (concentr. ‰)		
(cm³).	Eau.	1.	0,25.	1.	0,1.	0,01.	2.	1.	0,5.
25..	13,6	14,6	12	49	18,6	14	21,3	20,6	21,3
50..	13,8	18,6	13,33	54	26,6	16,5	26,6	26,6	23,9
100..	–	–	–	–	–	–	49	43,9	40,8
200..	–	–	–	–	–	–	58,9	58,7	46,3

On voit que l'action des sels minéraux neutres est relativement faible alors que l'oxalate ou l'humate d'ammoniaque extraient P_2O_5 plus facilement. Cette extraction n'est proportionnelle ni à la quantité du liquide, ni à sa concentration, ce qui est le propre des phénomènes de désorption.

Expérience sur un calcaire naturel. — Nous avons expérimenté avec un calcaire relativement tendre des environs d'Amiens dosant 0,7 ‰ de P_2O_5 total. L'acide phosphorique était extrait à l'aide d'une solution d'humate d'ammoniaque neutre à 1^g par litre (temps de contact : 1 heure).

Nous avons broyé le calcaire et opéré sur la fraction comprise entre 1000 et

(*) Séance du 8 août 1949.

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1166-1168.

1500$^{\mu}$ et celle comprise entre 200 et 500$^{\mu}$. Le broyage a été fait aussi peu énergiquement que possible pour respecter la texture du calcaire.

Dans ces conditions, on obtient facilement une portion de poudre fine passant au tamis de 500$^{\mu}$. Si l'on veut obtenir une plus grande finesse de la partie restant sur le tamis, il faut alors opérer le broyage avec beaucoup plus d'énergie, cette portion étant constituée par des grains plus durs.

P_2O_5 *extrait % du* P_2O_5 *du calcaire.*

Volume du liquide (en cm³).	Calcaire compris entre	
	1000 et 1500 μ.	200 et 500 μ.
25	1,11	1,14
100	2,66	2,59
200	3,82	4,56
500	4,53	8,43
1000	5	9,99

Ces résultats montrent que :

1° Il s'agit bien d'un phénomène de désorption sur le calcaire naturel comme sur celui préparé artificiellement.

2° Plus les grains sont fins, plus il y a de P_2O_5 dissous.

Les grains constituant le calcaire n'ont pas une composition uniforme dans leur masse; en effet, si nous prenons les plus gros (supérieurs à 1500$^{\mu}$) et que nous les broyions pour avoir des grains plus petits que 100$^{\mu}$, nous obtenons en opérant comme ci-dessus :

Volume du liquide (en cm³).	P_2O_5 extrait du P_2O_5 total (%).
25	1,13
100	2,93
200	4,14
500	4,79
1000	5

Chiffres identiques à ceux obtenus avec ce même calcaire avant broyage. P_2O_5 est donc fixé en surface et non réparti dans toute la masse des grains calcaires.

Conclusions. — 1° Les sels organiques et particulièrement les humates peuvent faire entrer en solution P_2O_5 adsorbé sur le calcaire des sols plus facilement que les sels minéraux neutres;

2° Il s'agit bien d'un phénomène de désorption comme nous l'avons montré sur calcaire phosphaté artificiellement;

3° Pour les doses de l'ordre de grandeur des solutions du sol, la quantité de liquide mise en expérience a plus d'importance que la concentration;

4° Dans un calcaire naturel P_2O_5 des éléments les plus friables (grains plus

fins), entre plus facilement en solution que celui des parties dures (grains plus gros);

5° P_2O_5 est bien fixé à la surface des grains calcaires et non dans toute la masse. En effet, si l'on broie les grains les plus gros, la poudre ainsi obtenue se comporte comme avant broyage et non comme des particules présentant naturellement la finesse considérée.

ZOOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Agglutination spermatique de type fertilisine et agglutination spermatique de type gangue.* Note de M. **Boris Rybak**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On sait que si l'on place un sperme d'Oursin en présence d'une eau de mer ayant contenu des ovules d'Oursin de la même espèce, après homogénéisation du milieu, les spermatozoïdes se groupent en amas très mobiles et ces amas se désagrègent après un temps variable, chaque spermatozoïde recouvrant son autonomie en conservant quoique affaiblie sa motilité; c'est le phénomène de Lillie dû à la fertilisine. Or si l'on place un sperme d'Oursin non plus en présence d'une eau de mer *ayant contenu* des ovules d'Oursins, mais cette fois en présence d'une eau de mer *contenant encore ces ovules,* entourés de leur gangue, on constate qu'outre l'agglomération spermatique en amas *réversibles en dehors de toute structure figurée d'origine ovulaire,* les spermatozoïdes se groupent autour de chaque ovule en une formation dense donnant l'aspect d'une couronne. Lillie a admis que cette agglomération autour des ovules était due à la fertilisine en tant qu'agglutinine et qu'elle était donc de même type que l'agglomération interspermatique, en absence d'éléments figurés.

Une première remarque s'impose : tandis que l'agglutination spermatique de type fertilisine est réversible dans un temps t variable, l'agglutination spermatique de type gangue est irréversible dans ce même temps t, elle se poursuit encore aprés un temps considérable (plusieurs heures). Mais il y a plus : on sait qu'après leur désagglutination, après l'action de l'eau de mer ovulaire (privée de tout élément ovulaire figuré) ou de fertilisine hautement purifiée (1), (2), les spermatozoïdes ne sont plus réagglutinables si l'on ajoute de l'eau de mer fraîche ou de la fertilisine hautement purifiée. Or préparons une eau de mer ovulaire de telle façon que les gangues passent en suspension, il suffit pour cela de centrifiger à 4500 t/m pendant 10 minutes des ovules ovariens de *Paracentrotus lividus* après passage de ceux-ci sur filtre Büchner recouvert d'une gaze et après une légère agitation; on obtient un liquide surnageant orangé paraissant dépourvu de gangues, par examen à la loupe binoculaire; mais on peut révéler des gangues en émulsionnant un sperme (testiculaire) de *P. lividus* :

---

(1) B. Rybak, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 701.

(2) B. Rybak, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 464.

après la désagglutination interspermatique on constate la présence d'amas spermatiques délimitant des gangues ou des fragments de gangues des ovules. Cette première expérience montre que *par sa stabilité* l'accolement spermatique autour des gangues est de nature différente de l'accolement interspermatique. Bien mieux : effectuons une agrégation spermatique par de l'eau de mer ovulaire privée de tout élément figuré ou de la fertilisine trichloracétique ([1]), ([2]), *lorsque la désagglutination est totale*, on fait deux parts de la suspension, une dans laquelle on ajoute de l'eau de mer ovulaire privée de tout élément ovulaire figuré ou de la fertilisine hautement purifiée (témoin), une autre dans laquelle on ajoute de l'eau de mer ovulaire renfermant des gangues en suspension ou des ovules entiers. On constate qu'aucune réagglutination ne se produit dans le témoin, tandis qu'un grand nombre de spermatozoïdes forme une *couronne* dense, longtemps stable, autour des figures ovulaires et qu'aucune réagglutination interspermatique (en dehors de tout élément figuré) ne se produit. On sait que la fertilisine de *P. lividus* n'est pas coagulable par la chaleur ([2]), or si l'on chauffe de l'eau de mer ovulaire renfermant des gangues pendant 10 minutes à l'ébullition, il se produit des coagulums orangés que l'on élimine par filtration. Après refroidissement que l'on effectue conjointement à une agitation de réaération, le liquide possède encore sa propriété de fertilisine, mais si l'on ajoute à une suspension désagglutinée de spermatozoïdes de *P. lividus* aucune réagglutination ne se produit alors qu'un contrôle effectué avant chauffage réagglutinait autour des gangues les spermatozoïdes désagglutinés.

Il ressort de ces expériences que l'accolement des spermatozoïdes autour des gangues ou des ovules est d'une autre nature que l'accolement des spermatozoïdes entre eux. Pour interpréter ces faits on peut considérer tout d'abord que la fertilisine n'est pas représentée par la gangue entière, mais qu'elle est contenue dans la gangue, or étant donné que la fertilisine est l'ensemble gynogamone I (d'activation flagellaire et de tactisme spermatiques) + gynogamone II (agglutinine), on serait amené à considérer que les spermatozoïdes désagglutinés ne seraient plus sensibles à l'agglutinine alors qu'ils le seraient encore à la gynogamone I ([3]), de telle sorte qu'ils s'accumuleraient autour de la gangue par suite du chimiotactisme. Or : 1° après leur désagglutination les spermatozoïdes sont moins mobiles qu'avant et 2° le taux d'azote de la fertilisine trichloracétique de *P. lividus* (4,7 %) est pratiquement le même que celui de la fertilisine chlorhydrique de Vasseur du même Oursin (4,79 %) ([4]), et il

---

([3]) Nous n'avons pu vérifier ce fait car la technique des trois gouttes n'est utilisable qu'avec un sperme consistant, or les suspensions spermatiques désagglutinées sont toujours diluées et si l'on tente de concentrer ces spermatozoïdes par centrifugation on constate que le culot renferme des spermatozoïdes pour la plupart immobiles.

([4]) *Acta Chem. Scand.*, 2, 1948, p. 900. Dans un mémoire ([2]) nous avions donné par erreur le taux d'azote de la fertilisine non purifiée (10,27 %) à la place de la fertilisine purifiée (4,7 %).

semble que les traitements acides dissolvent la gangue elle-même; toutefois cette question de l'identité de la gangue et de la fertilisine ne sera pleinement explicitée que lorsque le coagulum coloré obtenu par ébullition de l'eau de mer ovulaire aura été analysé (la fertilisine n'est pas coagulable par la chaleur; de plus elle n'est nullement colorée). On peut aussi envisager une autre interprétation : les spermatozoïdes frais ou désagglutinés s'accoleraient à la gangue par leur granule micropylien (5) (*Spizenknopf* de Ballowitz), si cela était exact, l'hypothèse de Popa, selon laquelle l'agglutination interspermatique (de type fertilisine) se ferait par ces granules, se verrait infirmée. Remarquons que les deux interprétations que nous venons de proposer ne s'excluent pas.

CHIMIE-PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Solubilisation aqueuse du cholestérol au moyen d'agents tensio-actifs non ionisés.* Note (*) de MM. **Eugène Neuzil**, **Joseph Tabone** et **Jean Marquevielle**, transmise par M. Henri Devaux.

De nombreux stérols et dérivés stéroliques sont insolubles ou très peu solubles dans l'eau. Leur dispersion en phase aqueuse, sous forme de pseudo-solutions transparentes et isotoniques, apparaît d'autant plus intéressante que plusieurs de ces substances sont douées d'une activité biologique remarquable. Les hormones et les vitamines stéroliques étant très onéreuses et difficiles à se procurer en quantité suffisante, c'est sur le cholestérol, alcool de structure voisine et insoluble dans l'eau, que nous avons effectué les essais préliminaires qui font l'objet de cette Note. Nous avons choisi comme agents dispersants des dérivés polyoxyéthyléniques d'esters gras d'anhydride de sorbitol (tweens). Ces substances, dont il existe une très large gamme (1), se présentent sous forme de liquides visqueux ou de cires solubles dans l'eau et dans l'alcool; non ionisées, elles possèdent une activité de surface considérable qui persiste en présence d'électrolytes; elles permettent ainsi la réalisation de solutions isotoniques, peu toxiques chez l'homme par voie veineuse (2).

Lorsqu'on verse goutte à goutte de l'eau dans une solution de cholestérol dans l'éthanol, on observe rapidement un trouble dû à la précipitation de cristaux de cholestérol hydraté. Si l'on dissout dans la solution alcoolique de cholestérol une quantité convenable de tween 80 (dérivé polyoxyéthylénique de l'oléate d'anhydride de sorbitol), la solution demeure au contraire transparente quel que soit le volume d'eau distillée (ou physiologique) dont on la dilue

(5) G. Popa, *Biol. Bull.*, 52, 1927, p. 238.

(*) Séance du 8 août 1949.

(1) *Atlas Surface Active Agents*, 1 vol., 1948.

(2) J. C. Krantz Jr, C. J. Carr, J. G. Bird et S. Cook, *J. Pharmacol. Exptl. Therap.*, 93, 1948, p. 188.

par la suite. Ce phénomène ne s'observe que si le rapport cholestérol/tween ne dépasse pas la valeur de 5 % ([3]). Pour des concentrations inférieures en détergent, les solutions se troublent pour la même valeur de dilution aqueuse que celle produisant la précipitation de la simple solution alcoolique de cholestérol; le trouble est alors d'autant plus accentué que la quantité de tween employée est plus faible. On observe des résultats très voisins avec les tweens 60 et 40, homologues stéarique et palmitique du tween 80. La solubilisation du cholestérol ne s'obtient qu'avec environ 35 fois son poids de tween 20 (ester laurique).

La faible quantité d'alcool existant dans les solutions précédentes peut être complètement éliminée par évaporation sous vide : le milieu conserve au cours de l'opération toute sa limpidité et sa transparence. Ce dernier point nous a conduit à préparer des dispersions aqueuses tween-cholestérol sans passer par l'intermédiaire du solvant alcoolique commun. Le cholestérol se dissout lentement dans les différents tweens au bain-marie à 100°; lorsque la concentration du stérol par rapport au tween n'excède pas 6 %, on obtient par refroidissement une solution parfaitement limpide. Ce sont ces solutions de cholestérol dans les différents tweens dont nous avons étudié la dispersion dans l'eau distillée. Le tableau suivant résume nos résultats, qui apparaissent absolument superposables à ceux du paragraphe précédent.

Cholestérol, gr. %	0,1	0,1	0,1	0,1
Tween, gr. %	3,3	2,5	2	1,6
$\frac{\text{Cholestérol}}{\text{Tween}}$ (%)	3	4	5	6
Aspect des dispersions aqueuses.				
Tween 20	T	O	L	LL
» 40	T	T	O	L
» 60	T	T	O	L
» 80	T	T	T	O

Aspect des dispersions aqueuses de cholestérol, selon la nature et la concentration de l'agent dispersif employé. (T = transparent, O = opalescent, L = louche, LL = très louche).

Les constatations sont identiques si l'on remplace l'eau distillée par des solutions isotoniques de chlorure de sodium, de tampons sodiques phosphatés ou de glucose. Les pseudo-solutions transparentes obtenues présentent un léger effet Tyndall. Elles sont très stables en fonction du temps lorsque la réaction

([3]) Cette valeur n'est pas absolue et peut osciller dans de faibles limites selon l'échantillon de tween étudié. Les tweens en effet ne répondent pas à une formule chimique très précise et varient légèrement selon la longueur et le nombre des chaînes polyoxyéthyléniques: de plus, les acides gras employés pour leur synthèse sont de qualité commerciale.

du milieu est neutre ou légèrement acide. Par chauffage elles se troublent et se séparent en deux phases vers 70°, mais reprennent par refroidissement leur caractère initial de limpidité. Elles supportent très bien la stérilisation par tyndallisation.

Le cholestérol, ainsi dispersé en phase aqueuse transparente au moyen des tweens, perd ses caractères habituels de solubilité : l'agitation des pseudo-solutions aqueuses avec de l'éther ne permet à ce solvant que d'extraire seulement une faible proportion du stérol. C'est l'existence de cette véritable *cénapse* tween-cholestérol, analogue à la cénapse tween-carotène ([4]), ([5]), qui explique probablement la meilleure absorption intestinale du cholestérol chez l'animal à qui on administre du tween 80 par voie digestive ([6]).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Un nouvel antibiotique produit par une souche de* Sterygmatocystis Nidulans (*Niduline*) ([1]). Note de M. **Émile Arquié**, Mme **Françoise Grumbach**, MM. **Fernand Boyer** et **Georges Sanchez**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Culture et production. — La culture est abondante sur tous les milieux usuels. Le glucose favorise le développement du mycélium.

Le milieu de Raistrick additionné de corn steep et d'acide phénylacétique s'est montré le plus favorable à la production de l'antibiotique.

A 37° : En vingt-quatre heures la surface des boîtes de Roux est totalement recouverte par le mycélium. Celui-ci, blanc au début, verdit progressivement. Le pH atteint 9 (48 heures). Le titre reste très bas (maximum d'inhibition 1/10 le 4e jour), il tombe à 0 vers le 7e jour (pH 10).

A 30° : Culture presque aussi rapide qu'à 37°. Mêmes caractères. Titre d'antibiotique légèrement supérieur (maximum 1/30 à 1/40 le 5e jour).

A 23° : Développement plus lent. Titre maximum au 7e jour (1/100).

A 17° : Culture très lente, apparente au 4e jour. Alcalinisation lente. La surface est totalement recouverte vers le 8e jour. Titre maximum vers le 12e jour (1/200). A ce stade la culture a un aspect gris-vert et le pH est vers 8.

Extraction et purification de l'antibiotique. — Mêmes techniques que pour la Pénicilline : absorption par charbon activé, élution dans l'acétone à 80 %.

([4]) R. M. Tomarelli, J. Charney et F. W. Bernhart, *Proc. Soc. Exptl. Biol. Med.*, 63, 1946, p. 108.

([5]) H. Süllmann, *Experientia*, 4, 1948, p. 35.

([6]) A. Kellner, J. W. Correll et A. T. Ladd, *Proc. Soc. Exptl. Biol. Med.*, 67, 1948, p. 25.

([1]) Document retiré du pli cacheté n° 12 425 déposé le 26 avril 1948, ouvert à la demande des auteurs le 8 août 1949.

Purification par le chloroforme à basse température. Le rendement est d'environ 35 à 40 %.

La filtration sur bougie L3 retient une très faible quantité de l'antibiotique.

Dosage. — Comme pour la Pénicilline (méthode des dilutions et des plaques de gélose). Germe test, Staphylococcus aureus Oxford.

La méthode au lait (germe test *Lactobacillus bulgaricus*) [2], donne des résultats comparables.

Activité in vitro. — Inactif sur les germes gram —, actif sur les germes gram +.

	Nombre de Souches.	Inhibition totale.
Staph. aureus	6	du 1/100 au 1/200
Staph. albus	3	du 1/200 au 1/500
Enterococcus	2	au 1/10
Strept. hemolyticus	11	du 1/50 au 1/800
Diplococcus pneumoniæ	8	du 1/100 au 1/500
B. subtilis	5	du 1/50 au 1/500
C. diphteriæ	1	au 1/100
S. typhi	1	pas d'inhibition
S. paratyphi A	1	»
S. paratyphi B	1	»
Shigella dysenteriæ	1	»
Proteus X19	1	»
V. choleræ	1	»
Klebsiella pneumoniæ	1	»
Bacterium coli	1	»
M. tuberculosis (B. C. G.)	1	»

Les résultats ont été obtenus avec un jus de culture filtré sur bougie L3 (titrant 7 unités Pénicilline par cm^3).

Action bactériolytique. — Dans les titrages par dilutions sur Staphylococcus aureus, avec des jus non filtrés, le Sterygmatocystis, en se développant, lyse, dans les jours qui suivent, les tubes où le Staphylocoque avait poussé en 24 heures. Cette lyse est directement en rapport avec le développement du Sterygmatocystis. Elle ne se produit pas avec les jus filtrés et les extraits. D'autre part, des boîtes de Roux ensemencées avec du Sterygmatocystis et du Staphylocoque à 37° ne montrent aucun développement du Staphylocoque, tandis que le Sterygmatocystis se développe normalement.

(2) G. SANCHEZ et A. LAMENSANS, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1189-1191.

Par contre le Subtilis ensemencé dans les mêmes conditions poursuit normalement sa culture.

Action de la Pénicillinase. — La Pénicillinase (filtrat de B. Subtilis Ungar) inactive l'antibiotique.

Activité in vivo. — L'antibiotique employé est un produit purifié titré en unités pénicilline.

Toxicité. — 2^{cm^3} d'une solution purifiée titrant 150 U pénicilline, injectés par voie péritonéale, n'ont provoqué aucun trouble chez la Souris.

ESSAIS SUR LA SOURIS. — *Streptococcus hemolyticus.* — Les souris ont été injectées avec une culture de 24 heures (bouillon ascite), de *Streptococcus hemolyticus*, souche Dig. 7. Chaque Souris a reçu par voie intrapéritonéale $0^{cm^3},5$ d'une solution dans le tyrode à 10^{-5} (5000 doses mortelles). (*Voir* résultat tableau ci-dessous.)

Souris vivantes.

Jours	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Témoins (8 souris)	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Pénicilline (50 U) en 2 injections pendant 2 jours	10	9	8	5	4	4	4	4	–	–
Niduline (25 U) en 2 injections pendant 2 jours	10	8	4	4	4	4	4	4	–	–
Niduline (50 U) en 2 injections pendant 2 jours	10	10	10	10	10	10	9	8	–	–

Diplococcus pneumoniæ. — Les souris ont été infectées avec une culture de 24 heures (bouillon sérum) de Diplococcus pneumoniæ, souche Til. Chaque souris a reçu par voie intrapéritonéale $0^{cm^3},5$ d'une solution dans le tyrode à 10^{-5} (5000 doses mortelles). (*Voir* résultat tableau ci-dessous.)

Jours	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Témoins (8 souris)	7	1	0	–	–	–	–	–	–	–
Pénicilline (100 U) en 2 injections pendant 3 jours	10	9	8	7	7	7	6	6	6	6
Niduline (50 U) en 2 injections pendant 3 jours	10	10	10	10	10	10	10	9	6	6

Conclusion. — Antibiotique très voisin de la Pénicilline : mêmes milieux de culture, mêmes procédés d'extraction et de purification, même action élective sur les gram + mais deux fois plus actif, inactivation par la pénicillinase.

MICROBIOLOGIE. — *Les problèmes de la production du bactériophage par les souches lysogènes. La lyse spontanée du* Bacillus megatherium. Note de M. **André Lwoff** et M[lle] **Antoinette Gutmann**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

De nombreux travaux ont été consacrés aux bactéries lysogènes. Nous nous contenterons de résumer ici, à titre d'introduction, quelques-unes des données classiques acquises grâce aux travaux de F. d'Hérelle, J. Bordet, F. Burnet, E. et E. Wollman, J. Gratia, den Dooren de Jong, etc. : 1° Chez les souches *spontanément lysogènes*, la lysogénie est l'apanage potentiel de toutes les bactéries et, chez les espèces sporogènes, de toutes les spores.

2° La lysogénie persiste après passages répétés en présence d'un sérum antibactériophage spécifique.

3° Les bactéries d'une souche lysogène susceptibles de libérer un bactériophage peuvent aussi adsorber ce même bactériophage.

4° La lyse des bactéries lysogènes par le lysozyme ne libère pas de bactériophage. Cette dernière constatation due à E. et E. Wollman, a conduit les auteurs à concevoir le bactériophage libre comme une *phase* particulière d'un cycle évolutif. Le principe lysogène serait, dans les bactéries, présent sous une autre forme et le passage de l'une à l'autre aurait lieu au moment de la division bactérienne ([1]). En fait, on ignore comment le bactériophage est libéré par les bactéries lysogènes, s'il s'agit d'une sécrétion continue ou bien si le bactériophage n'est libéré qu'à certains stades du cycle bactérien. Aucune donnée ne permet d'exclure l'hypothèse d'une mutation bactérienne qui serait responsable du passage d'un état résistant vers un état sensible à la faveur duquel il y aurait multiplication du bactériophage et lyse bactérienne. Les méthodes ordinaires de culture ne pouvant fournir que des données statistiques, le problème de la libération du bactériophage par les souches lysogènes doit être abordé avec des microméthodes permettant de suivre à la fois le comportement individuel des bactéries et la production du bactériophage.

La souche 899 de *Bacillus megatherium* est entretenue dans le milieu suivant (« S ») : PO_4KH_2 6g,5, $SO_4(NH_4)_2$ 1g, SO_4Mg 0g,1, Cl_2Ca 0g,05, SO_4Fe 0g,0002, *protéose peptone* 1g, H_2O 1 000. KOH pour pH 7,3. On ajoute après stérilisation du glucose q. s. pour une concentration de 1 g/l et de l'extrait de levure. Des gouttes de milieu S ou de *protéose peptone Difco* à 1 % sont déposées sur la lamelle de la chambre à huile de Fonbrune, ainsi qu'une goutte d'une culture en voie de croissance exponentielle. Les observations et manipulations sont effectuées dans une boîte étuve à 36° C contenant le micro-

([1]) *Ann. Inst. Pasteur*, 60, 1932, p. 13.

scope et deux micromanipulateurs. Un filament bactérien est prélevé avec un minimum de liquide et transféré successivement dans 5 gouttes de milieu : le calcul montre et l'expérience prouve que les bactériophages libres sont ainsi éliminés à coup sûr dès le troisième transfert. Les bactéries lavées sont alors examinées à intervalle de 5 à 10 minutes. Des prélèvements de liquide sont effectués après que des aspirations et refoulements aient assuré l'homogénéité de la goutte. La colonne liquide de la micro-pipette est mesurée à l'aide d'un oculaire micrométrique; on en déduit son volume. Le liquide prélevé est injecté, sous le microscope, dans une pipette ordinaire mue par un micromanipulateur et contenant déjà de l'eau peptonée. Celle-ci est transvasée dans une suspension de bactéries sensibles qui, additionnée de milieu gélosé, est ensuite étalée sur une plaque de gélose nutritive. Les plages sont dénombrées après 18 heures.

Voici le résultat de quelques expériences. Dans une goutte de milieu S ensemencé avec un court filament comprenant 4 à 6 bactéries, la multiplication est rapide, et, dans les cas favorables, exponentielle d'emblée : le nombre des bactéries double en 20 minutes. Les bactéries restent unies en un long filament qui se pelotonne et peut se rompre en segments de 50 à 300 éléments environ. Les filaments relativement courts sont parfois mobiles, les filaments longs, généralement immobiles, mais portent cependant toujours des cils actifs capables d'imprimer des mouvements rapides à des particules inertes, par exemple des *B. megatherium* tués. De nombreux prélèvements effectués au cours d'expériences où le nombre de bactéries était passé de 4-12 à 300-1 000 se sont révélés dépourvus de bactériophages. La croissance bactérienne se produit parfois sans division compensatrice, aboutissant à la formation de bactéries dont le volume peut atteindre 60 fois le volume normal moyen. Certaines de ces bactéries peuvent se lyser. La lyse a d'ailleurs été observée également sur des bactéries non hypertrophiées. Cette lyse laisse persister pendant plus d'une heure une membrane bien visible qui permet de porter le diagnostic rétrospectif de lyse, même lorsque celle-ci a frappé une bactérie terminale. Les prélèvements effectués 10 à 20 minutes après la lyse se sont toujours montrés dépourvus de bactériophage. En eau peptonée, les bactéries se reproduisent sous forme de courts filaments mobiles qui comprennent 2 à 4, rarement 8 éléments. La multiplication peut aussi être exponentielle d'emblée. Ici encore, des microbes peuvent se lyser et nous avons pu observer la dissolution, en une quinzaine de secondes, de deux bactéries d'un filament de 4 éléments. Aucun reliquat n'est visible après la lyse en eau peptonée. Contrairement à ce qui se passe en milieu S, une lyse peut donc facilement passer inaperçue dans une culture de bactéries mobiles en eau peptonée. Ici encore, des prélèvements effectués 5 à 20 minutes après la lyse se sont montrés dépourvus de bactériophage.

Ces observations apportent donc la notion d'une lyse spontanée frappant un nombre restreint de bactéries. Cette lyse spontanée, pas plus que la lyse par le lysozyme, ne libère de bactériophages. Nos résultats montrent qu'il peut y avoir, d'une part multiplication bactérienne, d'autre part lyse bactérienne, sans libération de bactériophages. Cependant des bactériophages peuvent apparaître dans les microgouttes, phénomène qui sera étudié ultérieurement.

La séance est levée à 15h45m.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 22 mars 1948.)

Note présentée le 15 mars 1948, de M. *Nicolas Baganas*, Sur un problème de M. P. Montel et les intégrales pseudo-abéliennes :

Page 989, 10ᵉ et 11ᵉ lignes, *au lieu de* on retrouve le théorème pressenti par M. Ghermanescu et démontré par J. Dufresnoy, *lire* on retrouve le théorème de M. Ghermanescu que M. Dufresnoy présente comme corollaire d'une autre proposition, pressentie par M. Ghermanescu et qu'il démontre.

(*Comptes rendus* du 1ᵉʳ août 1949.)

Note présentée le 18 juillet 1949, de M. *André Charrueau*, Sur les faisceaux de complexes linéaires et sur les suites et cycles de complexes linéaires conjugués :

Page 334, 29ᵉ ligne, *au lieu de* Soit D_j la transformée ..., *lire* 1° Soit D_j la transformée ....
» 335, 14ᵉ » *au lieu de*

$$a_n = (\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_{n-1})/(\alpha_2\alpha_4\ldots\alpha_n),$$

lire

$$a_n = (\alpha_1\alpha_3\ldots\alpha_{n-1})/(\alpha_2\alpha_4\ldots\alpha_n).$$

(*Comptes rendus* du 17 août 1949.)

Souhaits de bienvenue exprimés par M. le Président :

Page 429, 9ᵉ ligne, *au lieu de* Svante Elis Strömgren, *lire* Bengt Strömgren.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 SEPTEMBRE 1949.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Garrett Birkhoff**, Professeur à l'Université Harvard, qui assiste à la séance.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Existence normale du césium chez les animaux.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Didier Bertrand**.

A la suite des résultats que nous avons publiés sur l'existence du césium dans les végétaux ([1]), nous avons recherché ce qu'il en était de ce métal alcalin dans l'organisme des animaux. On ne savait jusqu'ici que fort peu de chose à ce sujet.

Sonstadt a publié, en 1870, qu'il avait rencontré du rubidium et du césium dans les coquillages recueillis au bord de la mer ([2]), mais il s'est aperçu peu après qu'il avait confondu les raies colorées du spectre de ces métaux avec celles du calcium et du strontium, autrement dit qu'il n'y avait pas de rubidium, ni de césium ([3]). Par contre, M. Fox et H. Ramage, puis J. H. Sheldon et H. Ramage, ayant soumis à une étude spectrographique très soignée, en 1931, de nombreux tissus d'Annélides, de Mollusques, de Crustacés, d'Insectes et du corps humain, y ont reconnu la présence de beaucoup d'oligoéléments, mais ont déclaré qu'aucun tissu analysé ne contenait de césium ([4]). A ces résultats restent à ajouter ceux de G. Scott et B. Canaga, qui pensent avoir décelé le césium, par observation de la raie 4555,5 Å, dans la rétine du Bœuf, du Porc et

---

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 453.

([2]) *Chem. News*, **22**, 1870, p. 25, résumé dans le *Bull. Soc. chim.*, nouv. sér., **14**, 1870, p. 195.

([3]) *Ibid.*, p. 44.

([4]) *Biochem. J.*, **25**, 1931, p. 1608 et *Proc. Roy. Soc.*, (B), **108**, 1931, p. 157.

de la Brebis ([5]) et, plus récemment, ceux de S. Ranzi sur l'œuf de l'Axolotl ([6]) et de Rusoff sur les organes du Veau ([7]). Ces deux derniers auteurs ont recherché les oligoéléments par spectrographie, mais n'ont obtenu que des résultats négatifs concernant le césium.

C'est en cet état du sujet que nous avons appliqué notre méthode de recherche et de dosage du césium, telle que nous l'avons rappelée dans notre précédente publication, à une série d'échantillons d'origine animale comprenant soit des individus entiers, lorsqu'il s'agissait de petites espèces ([8]), soit des organes isolés, ou même des parties d'organes, lorsqu'on avait affaire à des animaux de trop grandes dimensions.

Les analyses ont porté sur 41 échantillons provenant de 35 espèces (13 Invertébrés et 22 Vertébrés). D'après les résultats de ces analyses :

Le césium a été trouvé et a pu être dosé dans tous les échantillons, animaux entiers ou organes.

Qualitativement, on peut donc dire que le césium se rencontre dans toute la série animale, depuis les Echinodermes jusqu'aux Mammifères.

Quantitativement, il semble bien que les Invertébrés renferment, en général, dans leur organisme plus de césium que les Vertébrés. La comparaison entre les 13 échantillons provenant de 13 Invertébrés et de 28 échantillons provenant de 22 Vertébrés donne, en effet, comme moyenne par kilogramme de matière sèche, 138^{mg} de césium dans les premiers et 32^{mg} dans les seconds ([9]).

En se plaçant au point de vue le plus général, il résulte des recherches que nous avons entreprises, d'abord sur les plantes puis sur les animaux, que le césium peut être rangé désormais, à côté du potassium, du sodium et du rubidium, parmi les éléments normaux de la matière vivante.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Albert Caquot** et **Georges Poivilliers** sont adjoints à la délégation précédemment désignée pour représenter l'Académie au Meeting annuel de l'**Institute of Metals**, qui aura lieu à Paris, du 3 au 8 octobre, à l'occasion du Centenaire de la naissance de *Floris Osmond*.

([5]) *Proc. Soc. Exptl. Biol. Med.*, 40, 1939, p. 275.

([6]) *Rend. ist. lombardo sci. Classe sci. mat. nat.*, 75, 1941-1942, p. 1.

([7]) *Florida Sta. Bull.*, 359, 1941, p. 47, d'après la *Bibliography of the Minor Elements*, 4e édit., New York, 1948.

([8]) A l'exclusion toutefois des coquilles dans le cas des mollusques qui en sont pourvus et du manteau du Tunicier.

([9]) Pour les autres détails, voir le mémoire qui doit paraître sous peu.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire d'État aux Forces armées** prie l'Académie de désigner un de ses Membres pour faire partie du Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique, en remplacement de M. *Pierre Jolibois*, dont les pouvoirs sont expirés.

Sir **Chandrasekhara Venkata Raman**, élu Associé étranger, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Office of Naval Research, Washington. *A Survey of the theory of the Boundedness, stability, and asymptotic behavior of solutions of linear and non-linear differential and difference equations.*

2° Institut des parcs nationaux du Congo belge. Exploration du Parc National Albert. Mission H. Damas (1935-1936). Fascicule 8 : *Süsswasser-Diatomeen*, par Friedrich Hustedt.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Les lois de transformation des objets géométriques spéciaux linéaires de classe* ν, *avec une composante, en* X_1. Note (*) de M. **Octavian Emil Gheorghiu**, transmise par M. Élie Cartan.

Soit X_1 un espace avec une seule dimension à la base duquel se trouve un pseudo-groupe $\mathcal{G}$ renfermant toutes les transformations régulières de systèmes admissibles de classe C^p ($p \geqq 3$). Soient ξ la variable sur X_1 et B un système quelconque de coordonnées admissibles.

D'après MM. Schouten et Haantjes ([1]), $\Omega(\xi)$ est un objet géométrique spécial, si la connaissance de la composante $\Omega_1(\xi_1)$ dans un certain système de coordonnées B_1 et la connaissance de la transformation du $\mathcal{G}$, qui conduit de B_1 à un autre système quelconque B_2, permet d'évaluer la composante $\Omega_2(\xi_2)$ dans le système B_2, par la formule de transformation

$$\Omega_2 = F\big(\Omega_1;\ \xi_1,\ \xi_2,\ \varphi'(\xi_1),\ \varphi''(\xi_1),\ \ldots,\ \varphi^{(\nu)}(\xi_1)\big) \tag{1}$$

où $\xi_2 = \varphi(\xi_1)$ et la transformation de coordonnées conduisant de B_1, au B_2. Le plus grand ordre de dérivation V donne la classe de l'objet spécial.

(*) Séance du 17 août 1949.

([1]) *Proc. London Math. Socy.*, **42**, 1937, p. 356-376.

Les transformations des composantes des objets géométriques spéciaux forment un pseudo-groupe $\mathcal{H}$ induit par le pseudo-groupe $\mathcal{G}$.

Dans cette Note nous allons présenter les résultats que nous avons obtenus en supposant que le pseudo-groupe $\mathcal{H}$ est isomorphe avec le groupe affine, c'est-à-dire en supposant la formule de transformation des composantes des objets géométriques de classe ν linéaire

$$(2)\qquad \Omega_2 = \mathcal{A}(\xi_1, \xi_2, \varphi', \varphi'', \ldots, \varphi^{(\nu)})\,\Omega_1 + \mathcal{B}(\xi_1, \xi_2, \varphi', \varphi'', \ldots, \varphi^{(\nu)}).$$

On obtient les lois de transformation des objets géométriques spéciaux linéaires de classes O, I, II et III (il n'existe pas des objets de classe $\nu \geqq \mathrm{IV}$) en résolvant sur l'espace représentatif associé les équations fonctionnelles relatives aux fonctions $\mathcal{A}$ et $\mathcal{B}$.

O. Les objets linéaires de classe O admettent la loi de transformation

$$(3)\qquad \Omega_2 = \frac{\alpha(\xi_1)}{\alpha(\xi_2)}\Omega_1 + \frac{1}{\alpha(\xi_2)}[\lambda(\xi_1) - \lambda(\xi_2)],$$

où $\alpha(\xi)$ et $\lambda(\xi)$ sont deux fonctions régulières arbitraires. Si $\alpha(\xi)$ et $\lambda(\xi)$ sont invariants au sens de Klein, alors $\Omega(\xi)$ se réduit à un invariant au sens large.

I. La loi des objets linéaires de première classe est la suivante

$$(4)\qquad \Omega_2 = \frac{\alpha(\xi_1)}{\alpha(\xi_2)}\varphi'^k\Omega_1 + \frac{C_1}{\alpha(\xi_2)}(1-\varphi'^k) + \frac{C}{\alpha(\xi_2)}[\lambda(\xi_2) - \varphi'^k.\lambda(\xi_1)], \qquad (k \neq 0),$$

où $\alpha(\xi)$ et $\lambda(\xi)$ sont fonctions régulières arbitraires et C, C_1, k, constantes arbitraires. Si $\alpha(\xi) \equiv \text{const.}$ et $\lambda(\xi) \equiv \text{const.}$, alors $\Omega(\xi)$ devient un objet géométrique spécial linéaire différentiel pur de première classe; la loi de ces objets est

$$(4')\qquad \Lambda_2 = \varphi'^k\Lambda_1 + C(1-\varphi'^k), \qquad (k \neq 0).$$

II. Les objets linéaires de deuxième classe se changent par la formule

$$(5)\qquad \Omega_2 = \frac{1}{\varphi'}\Omega_1 + C\frac{\varphi''}{\varphi'^2} + \frac{C_1}{\varphi'}(1-\varphi') - \frac{1}{\varphi'}[\lambda(\xi_1) - \varphi'\lambda(\xi_2)],$$

où $\lambda(\xi)$ est une fonction régulière arbitraire, la puissance de $\varphi'(\xi)$ est -1, et C, C_1 constantes arbitraires. Si $\lambda(\xi) \equiv \text{const.}$, nous trouvons la loi de transformation des objets linéaires différentiels purs de deuxième classe

$$(5')\qquad \Lambda_2 = \left[\Lambda_1 + C\frac{\varphi''}{\varphi'} + C_1(1-\varphi')\right]\frac{1}{\varphi'}.$$

Si nous prenons $C_1 = 0$ et $C = \pm 1$, nous trouvons les résultats signalés par MM. St. Gołąb et G. Pensov ([3]).

([2]) St. Gołąb, *Ann. Soci. Pol. Math.*, XIX, 1946, p. 7-35 et G. Pensov; C. R. Doklady (Moscou), 54, 1946, p. 563-566.

([3]) *Ann. Soci. Pol. Math.*, XX, 1947, p. 385.

III. La loi des objets linéaires de troisième classe est

$$(6)\qquad \Omega_2 = \frac{1}{\varphi'^2}\Omega_1 + \frac{C}{\varphi'^2}\left[\frac{\varphi'''}{\varphi'} - \frac{3}{2}\left(\frac{\varphi''}{\varphi'}\right)^2\right] + \frac{C_1}{\varphi'^2}(1-\varphi'^2) - \frac{1}{\varphi'^2}[\lambda(\xi_1) - \varphi'^2\lambda(\xi_2)],$$

où $\lambda(\xi)$ est une fonction régulière arbitraire et C, C_1 constantes arbitraires. La puissance de la dérivée φ' est -2. Il s'ensuit qu'un objet géométrique spécial linéaire de troisième classe ne peut jamais se réduire à un objet de seconde classe. Si $\lambda(\xi) \equiv$ const. (6) se réduit à la loi de transformation des composantes des objets linéaires différentiels purs de troisième classe :

$$(6')\qquad A_2 = \left[A_1 + C\left\{\frac{\varphi'''}{\varphi'} - \frac{3}{2}\left(\frac{\varphi''}{\varphi'}\right)^2\right\} + C_1(1-\varphi'^2)\right]\frac{1}{\varphi'^2},$$

signalée de même par MM. St. Gołąb et G. Pensov (²) avec $C = 1$ et $C_1 = 0$.

Suivant le même procédé, nous avons établi l'inexistence des objets géométriques spéciaux linéaires de classe $\nu \geq$ IV. L'inexistence des objets différentiels purs a été déjà établie par M. St. Gołąb (³).

Quand le pseudo-groupe $\mathcal{H}$ est isomorphe au sous-groupe des translations, les formules de transformation sont les suivantes :

$$(3_1)\qquad \Omega_2 = \Omega_1 + \eta(\xi_1) - \eta(\xi_2),$$

$$(4_1)\qquad \Omega_2 = \Omega_1 + k\log|\varphi'| + \mu(\xi_1) - \mu(\xi_2).$$

(3_1) est un cas particulier de (3), tandis que (4_1) n'est pas un cas particulier de (4).

HYDRAULIQUE. — *Ondulations de sable des modèles réduits et dunes du désert.* Note de (*) M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Dans la technique des études sur modèles réduits d'ouvrages hydrauliques à fond affouillable, on élimine souvent l'emploi de sable fin : avec ce matériau, en effet, on observe un phénomène, bien connu des expérimentateurs, qui consiste dans la formation d'une succession d'ondulations plus ou moins tourmentées, désignées parfois sous le nom de *Riffelbildung*.

En survolant certaines régions de l'Afrique, l'été dernier, nous avions été frappé de la similitude d'aspect existant entre, d'une part, les rides ainsi produites sur le fond sablonneux des modèles réduits et, d'autre part, certaines configurations des dunes de sable engendrées par le vent dans le désert, vues d'une altitude suffisante.

Ce souvenir nous est revenu à l'esprit, tout dernièrement en lisant la *Géographie Aérienne* de M. Emmanuel de Martonne (¹), et en observant certaines

(*) Séance du 12 septembre 1949.

(¹) *Géographie Aérienne*, Paris.


1


2


3


4

figures d'un livre *Découverte aérienne du monde,* préfacé par lui, et publié sous la direction de M. Chombart de Lauwe. La photographie n° 1, prise par M. Griaule et tirée de ce dernier ouvrage, a retenu particulièrement notre attention à cet égard.

Nous avons monté un canal à section droite rectangulaire, de 2^m de largeur, dont le fond était constitué par du sable de Garonne passé à travers un tamis percé de trous circulaires, de diamètre égal à $2^{mm},5$. Après avoir laissé circuler dans ce canal, pendant 1 heure 15 minutes, un débit de 121 l/sec, avec un tirant d'eau moyen de 15^{cm}, nous avons observé les ondulations de sable engendrées par ce courant, et dont l'amplitude, de creux à crête, oscille généralement entre 20 et 40^{mm}. Ces oscillations, reproduites sur la photographie n° 2, ont une analogie frappante avec les dunes du désert du cliché n° 1.

Nous avons également obtenu, sous l'action d'un courant d'air parcourant un tunnel étroit, à section droite rectangulaire et à fond de sable, les ondulations, d'ailleurs moins caractéristiques, visibles sur les photographies n° 3 (sable fin de Bayonne) et n° 4 (sable de Garonne).

EFFET RAMAN. — *Spectres Raman des acides résiniques et de leurs dérivés.* Note (*) de M. **Le-Van-Thoi.**

Nous avons réussi à obtenir, *pour la première fois,* les spectres Raman des acides résiniques et de quelques-uns de leurs dérivés, en solution dans divers solvants (CCl_4, alcool, éther sulfurique, benzène, CS_2, etc.). *Il est essentiel d'opérer avec des produits très purs et en solutions peu concentrées,* soigneusement filtrées (sur charbon actif par exemple).

A. Acide abiétique et dérivés. — 1° *Acide abiétique* (I). — (F 173°; $[\alpha]_j = -104°$) [1] : 614 (ff), 712 (m), 889 (f), 896 (m), 933 (f), 956 (ff), 996 (m), 1098 (ff), 1139 (f), 1146 (ff), 1184 (m), 1203 (m), 1257 (f), 1286 (f), 1370 (m), 1433 (F), 1468 (f), 1546 (f), 1596 (m), 1652 (TF).

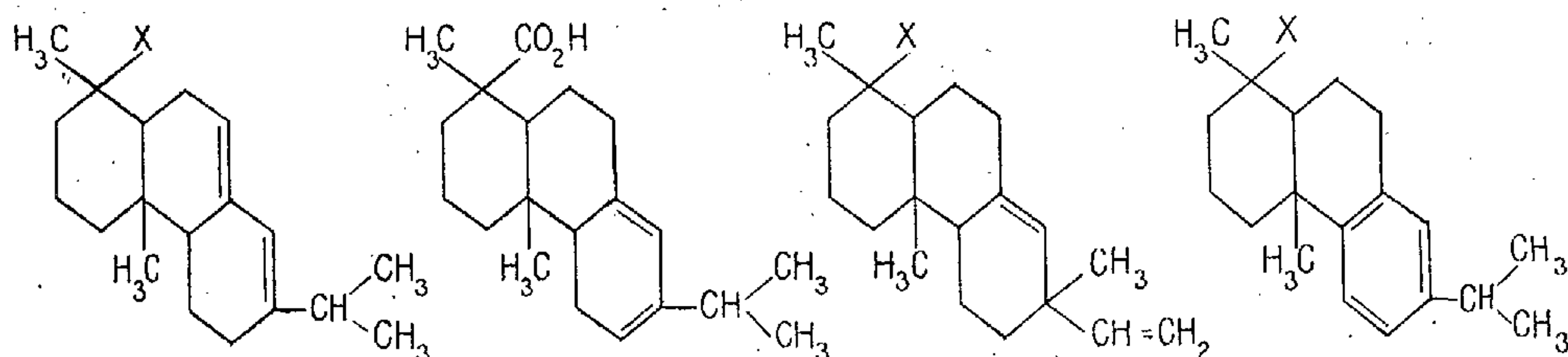
2° *Abiétate de méthyle* (II). — ($E_1 = 180°$; $n_D^{20} = 1,5350$; $d_4^{20} = 1,048$; $[\alpha]_j = -42°$; I. S. tr. 178, calc. 177,2) : 602 (f), 664 (ff), 710 (f), 834 (m), 863 (f), 893 (f), 922 (f), 951 (f), 994 (m), 1070 (f), 1102 (ff), 1128 (f), 1181 (f), 1203 (aF), 1230 (f), 1280 (f), 1320 (f), 1369 (m), 1432 (F), 1467 (f), 1502 (ff), 1562 (aF), 1610 (m), 1651 (TF), 1725 (m).

3° *Abiétate d'éthyle* (III). — ($E_1 = 178°$; $n_D^{20} = 1,5368$; $d_4^{20} = 1,040$; $[\alpha]_j = -18°$; I. S. tr. 168, calc. 169,7) : 670 (ff), 706 (f), 839 (ff), 918 (ff), 996 (f), 1050 (ff), 1084 (f), 1137 (m), 1183 (m), 1205 (f), 1234 (ff), 1294 (m), 1322 (ff), 1370 (ff), 1434 (aF), 1465 (f), 1561 (m), 1611 (m), 1652 (TF). 1724 (f).

(*) Séance du 25 juillet 1949.

[1] Le spectre Raman a été obtenu non seulement sur l'acide abiétique en solution, mais encore sur la poudre et le monocristal.

4° *Abiétinol* (IV). — ($E_1 = 175$-$176°$; $n_D^{20} = 1{,}5350$; $d_4^{20} = 1030$; $[\alpha]_j = -53°$; I. A. = 0; I. S. = 0; alcool % (Glichitch), quantitatif : 614 (ff), 660 (ff), 709 (f), 888 (ff), 916 (ff), 955 (ff), 996 (aF), 1025 (ff), 1098 (f), 1127 (ff), 1182 (m), 1218 (f), 1236 (f), 1282 (ff), 1308 (ff), 1370 (f), 1406 (ff), 1433 (aF), 1464 (f), 1497 (f), 1518 (ff), 1557 (f), 1612 (m), 1651 (TF).



(I) X = CO_2H. (III) X = $CO_2C_2H_5$. (V) (VI) X = CO_2H. (VIII) X = CO_2H.
(II) X = CO_2CH_3. (IV) X = CH_2OH. (VII) X = CO_2CH_3. (IX) X = CO_2CH_3.

Nous attribuons les deux raies 1596 (m) et 1652 (TF) de l'acide abiétique aux deux doubles liaisons conjuguées. Ces raies se retrouvent dans les spectres des abiétates de méthyle et d'éthyle, ainsi que dans celui de l'abiétinol; toutefois, la raie 1596 est dédoublée respectivement en : 1562 (m) et 1610 (m), 1561 (m) et 1611 (m), 1557 (m) et 1612 (m).

B. Acide lévopimarique (V). — (F 152°; $[\alpha]_j = -282°$) : 888 (f), 926 (ff), 958 (ff), 994 (ff), 1027 (f), 1092 (ff), 1132 (f), 1144 (ff), 1296 (f), 1331 (f), 1361 (ff), 1371 (f), 1385 (ff), 1439 (m), 1460 (ff), 1518 (f), 1560 (m), 1619 (F), 1669 (m).

Les raies 1560 (f) et 1619 (F) sont attribuées aux deux doubles liaisons conjuguées dans un même noyau, la raie 1669 (m) étant caractéristique du groupement carboxyle.

C. Acide dextropimarique et dextropimarate de méthyle. — 1° *Acide dextropimarique* (VI). — (F 218°; $[\alpha]_j = +82°$) : 715 (f), 898 (ff), 936 (ff), 976 (m), 1036 (f), 1090 (m), 1131 (ff), 1158 (f), 1259 (f), 1280 (f), 1304 (m), 1325 (f), 1360 (ff), 1370 (f), 1381 (ff), 1406 (f), 1498 (m), 1509 (m), 1633 (f), 1660 (TF), 2869 (f), 2921 (f), 2953 (f), 3016 (m).

2° *Dextropimarate de méthyle* (VII). — (F 69°; $[\alpha]_j = +72°$; I. S. tr. 176,2, calc. 177,2) : 890 (f), 943 (ff), 971 (m), 1056 (m), 1129 (f), 1154 (ff), 1218 (f), 1240 (ff), 1277 (f), 1299 (aF), 1324 (ff), 1366 (f), 1398 (f), 1430 (aF), 1503 (ff), 1544 (m), 1635 (aF), 1658 (TF), 1723 (m).

Les raies 1304 (m), 1406 (f), 1633 (f) et 3016 (m) de l'acide dextropimarique sont attribuées au groupement vinyle, par analogie avec les spectres de divers

composés vinyliques ([2]). Ces raies se retrouvent respectivement en 1299 (aF), 1398 (f), 1635 (m) dans le spectre du dextropimarate de méthyle.

Les raies 1660 (TF) de l'acide et 1658 (TF) de l'ester doivent correspondre à la double liaison nuclaire.

La raie du groupement CO de l'acide dextropimarique, est comme celle de l'acide abiétique, confondue avec la raie de double liaison 1660; dans le dextropimarate de méthyle, comme dans l'abiétate, elle est déplacée vers 1725 (m).

D. ACIDE DÉHYDROABIÉTIQUE ET DÉHYDROABIÉTATE DE MÉTHYLE. — 1° *Acide déhydroabiétique* (VIII). — (F 172°; $[\alpha]_j = +62°$) : 709 (m), 863 (ff), 903 (ff), 954 (f), 994 (aF), 1050 (ff), 1097 (f), 1137 (ff), 1188 (f), 1204 (ff), 1234 (aF), 1287 (f), 1306 (m), 1324 (ff), 1360 (ff), 1380 (ff), 1432 (f), 1440 (m), 1465 (ff), 1475 (f), 1520 (f), 1560 (f), 1617 (aF), 1668 (m).

2° *Déhydroabiétate de méthyle* (IX). — (F 63°; $[\alpha]_j = +59°$) : 706 (m), 836 (f), 888 (ff), 907 (ff), 928 (f), 954 (ff), 995 (f), 1038 (ff), 1051 (ff), 1096 (f), 1138 (f), 1189 (f), 1203 (f), 1237 (m), 1307 (m), 1324 (ff), 1381 (ff), 1434 (f), 1440 (f), 1460 (f), 1472 (f), 1559 (ff), 1614 (m), 1725 (f).

Les raies 1560 (f) et 1617 (aF) de l'acide déhydroabiétique, qui se retrouvent en 1559 (ff) et 1614 (m) dans l'ester méthylique, sont caractéristiques du noyau aromatique. La raie 1668 (m) est due au groupement carboxyle, tandis qu'au groupement ester, correspond la raie 1725 (f).

RADIOACTIVITÉ. — *Sur une inclusion radioactive à forte teneur en uranium et thorium contenue dans un granite.* Note de M. **René Coppens**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons signalé dans une précédente Note ([1]) la présence dans un concentré d'éléments lourds d'un granite de Bretagne et dans un sable de Pénestin (Morbihan), de grains radioactifs dont la teneur en thorium atteignait environ 70 % et qui ne semblaient pas contenir d'uranium.

En étudiant un échantillon poli d'un granite de la région d'Angers, nous avons rencontré, en plus d'inclusions du genre précédent, une inclusion émettant un nombre bien plus grand de rayons α et contenant, sans aucun doute, de l'uranium.

Ce grain radioactif est réellement inclus dans la roche, car malgré de multiples nettoyages avec des solvants divers (alcool, acétone, éther, benzine) chaque pose de la roche sur une émulsion sensible nous donne, à la même place, une concentration de rayons α. C'est ainsi que nous avons obtenu des

([2]) BOURGUEL, *Comptes rendus*, **194**, 1931, p. 1736.

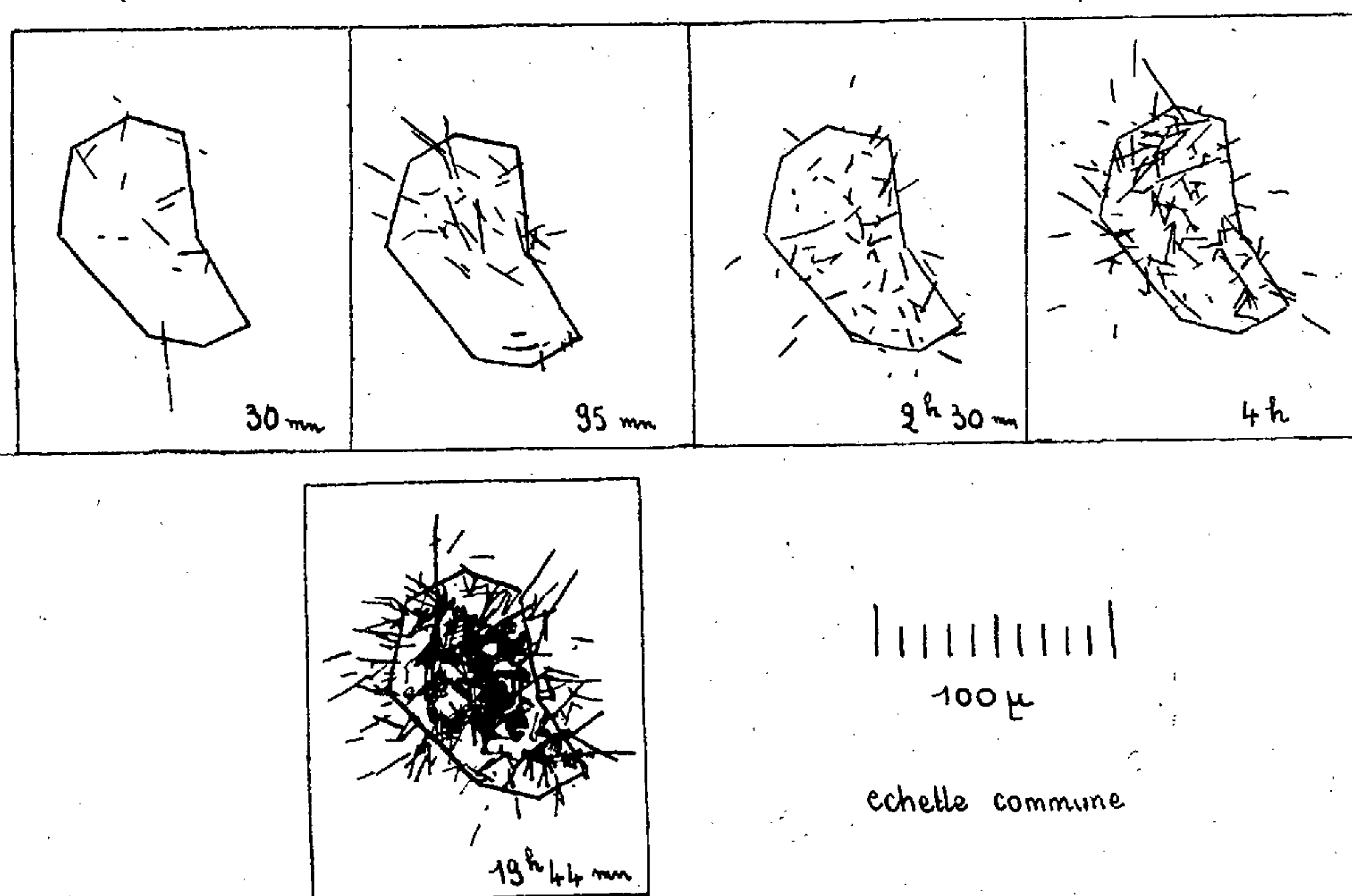
([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1938.

photographies avec des poses de 30 minutes, 95 minutes, 2 heures 30 minutes, 4 heures, 19 heures 44 minutes, 20 heures, 66 heures.

L'évaluation du nombre moyen N de rayons α visibles émis par centimètre carré et par seconde a été effectuée sur ces divers clichés et nous avons trouvé les résultats suivants :

Temps de pose.	Nombre de trajectoires visibles.	Nombre moyen de trajectoires par minute.		Surface de l'inclusion.	N.
30 minutes	16	0,53	moyenne adoptée 0,50	4.500 μ^2	185
95 minutes	45	0,47			
2 heures 30 minutes	78	0,52			
4 heures	132	0,55			

La mesure des longueurs des trajectoires montre nettement l'existence de rayons ayant dans l'air un parcours de plus de 7^{cm}, ce qui implique nécessairement *la présence de thorium*. Il ne peut cependant être question de considérer que cette inclusion ne contient que du thorium comme celles que nous avons étudiées dans notre précédente Note, car le thorium en équilibre avec ses



Granite d'Angers. — Rayons α donnés par une inclusion.

dérivés ne peut donner au maximum que 80 trajectoires visibles par centimètre carré et par seconde. Nous sommes donc conduits à admettre *la présence d'uranium*.

L'évaluation du rapport C_{Th}/C_U des concentrations en thorium et en uranium (²) ne peut donner que des résultats approximatifs, car le nombre des trajectoires facilement mesurables est réduit, le grain étant sans doute légèrement distant de l'émulsion. En considérant un certain nombre de trajectoires plongeantes et en corrigeant leur longueur apparente, nous avons trouvé, en examinant 7 photographies, 5 rayons ayant dans l'air un parcours supérieur à 7^{cm} et 38 rayons ayant un parcours compris entre 5,8 et 7^{cm}. Ces nombres sont insuffisants pour une détermination satisfaisante.

Concentration en uranium. — Le nombre moyen N de rayons α émis par centimètre carré et par seconde est lié aux concentrations en uranium et en thorium C_U et C_{Th} par la relation (²) :

$$(8{,}4\ C_U + 2{,}5\ C_{Th})\,k' = N.$$

N étant élevé ($N = 187$), on peut supposer que l'inclusion est formée principalement d'oxydes d'uranium et de thorium. La grandeur k', liée au pouvoir d'arrêt, est alors de l'ordre de 32 (²).

Si la teneur en thorium était nulle, on aurait

$$8{,}4\ C_U = \frac{187}{32}, \qquad \text{donc} \quad C_U \leqq 70\ \%.$$

S'il y a une certaine proportion de thorium, C_U diminuera à mesure que C_{Th} augmente. Si l'inclusion contient de l'uranium et du thorium sous forme d'oxydes, ce qui est probable, la teneur en métal est au maximum de 85 %

$$C_U + C_{Th} \leqq 0{,}85.$$

Il en résulte

$$C_U \geqq 63\ \%, \qquad C_{Th} \leqq 22\ \%.$$

Nous pouvons donc considérer que l'inclusion examinée contient environ 65 % d'uranium avec quelques centièmes de thorium.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Application des méthodes de la chimie théorique à l'étude de la réactivité du graphite.* Note (*) de M. **Raoul-Henri Busso**, présentée par M. Paul Pascal.

Les méthodes modernes de la chimie théorique permettent de calculer avec précision les indices de liaison et les indices de valence libre du graphite considéré comme cristal régulier aux dimensions infinies (¹).

(²) Mme I. Curie, *Journal de Physique*, nov. 1946; R. Coppens, *Comptes rendus*, **228**, p. 176.

(*) Séance du 25 juillet 1949.

(¹) Coulson et Rushbrooke, *Proc. Roy. Soc. Édimbourg*, **42**, 1946-48, p. 356; Busso, Chalvet, Daudel, Sandorfy et Vroeland (en cours de publications).

On obtient un indice de valence libre de 0,215, tandis que l'on a pour le benzène 0,458.

On constate que l'indice de valence libre décroît quand le nombre de cycles croît.

La notion d'indice de valence libre permet de connaître l'autopolarisabilité des atomes de la molécule, c'est-à-dire la facilité avec laquelle la charge de ces atomes est perturbée quand on approche un ion ou une autre molécule.

L'énergie d'activation d'une réaction est généralement faible quand l'indice de valence libre de l'atome réagissant est grand.

On peut aussi prévoir que l'atome d'un plan de graphite sera très peu réactif. Son faible indice d'autopolarisabilité explique que dans le plan superficiel du cristal de graphite on n'observe qu'une faible adsorption du type Van der Waals ([2]).

Les carbones du charbon de bois, du charbon de sucre, de la suie et du noir d'acétylène constitués par des cristaux graphitiques de petites dimensions présentent un rapport surfaces prismatiques/surfaces des plans très grand comparé à celui du gros cristal naturel de graphite. Les atomes des surfaces prismatiques ont des indices de valence libres parfois très élevés. L'activation des cristaux consisterait précisément à diminuer le diamètre des cristaux, à créer des pores, c'est-à-dire à augmenter considérablement le rapport du nombre des atomes des surfaces prismatiques, du nombre des atomes des surfaces des plans.

Nous avons décrit ([1]) la structure et la réactivité d'un certain nombre de centres actifs que l'on s'attend à trouver sur les bords des cristaux de carbone. L'indice de valence libre souvent très élevé de ces centres rend compte du très grand pouvoir adsorbant et catalytique des charbons actifs ([3]). A partir de ces considérations, la chimisorption s'explique aisément dans le cas d'une molécule d'oxygène s'approchant d'un centre actif : l'énergie d'activation de la formation d'une liaison chimique $>C=O$ étant faible, l'adsorption revêt un caractère chimique. On a depuis longtemps envisagé l'existence d'un complexe d'oxydes superficiels pour expliquer certains phénomènes particuliers du carbone ([4]), ([5]) (charge électrique, oxydation). Sur les surfaces prismatiques des cristaux de carbone l'adsorption se ferait d'abord sur les centres actifs sous forme de chimisorption (O_2, N_2, NH_3, etc.), puis elle se poursuivrait pour les atomes à indice de valence libre faible sous forme d'adsorption Van der Waals ([6]).

L'existence d'atomes ayant des indices de valence libre de différentes valeurs

---

([2]) Barrer, *Proc. Roy. Soc. Londres*, A. 161, 1937. p. 476.

([3]) Daudel et Sandorfy, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 358.

([4]) Miller, *J. Phys. Chem.*, 36, 1932, p. 2967; Bach, *Koll. Z.*, 64, 1933, p. 153; Bach, et Zimin, *Acta Physicochimica U. R. S. S.*, 7, 1937, p. 451.

([5]) Rhead et Wheeler, *J. Chem. Soc.*, 51, 1912, p. 846.

([6]) Anderson et Emmet, *J. Phys. Coll. Chem.*, 51, 1947 p. 1308-1329.

indique qu'il y aura différents degrés de chimisorption. Expérimentalement on constate que même à température ordinaire, il y a transformation progressive du gaz faiblement chimisorbé en complexes possédant des liaisons chimiques plus forts.

Dans une Note précédente ([7]) j'ai tenté d'expliquer le changement de cinétique dans la combustion du graphite à 1500° C par la disparition de centres actifs au-dessus de cette température. La conclusion de l'étude théorique de la réactivité du carbone confirme cette manière de voir. Les atomes à indice de valence libre élevé ne sont pas stables thermiquement, ils tendent, sous l'influence des vibrations thermiques, à retrouver des indices de valence libre plus faibles. Au-dessus de 1500° C leur instabilité ne leur permet pas de réagir normalement avec les molécules O_2 incidentes. A partir de 900° C, au contraire, on assiste à une sorte d'activation du carbone pendant sa propre combustion. Il se forme des atomes à indice de valence libre plus ou moins élevé qui ont une vie moyenne compatible avec la fréquence des chocs réactionnels.

Certains centres actifs à indice de valence libre élevé pourraient rendre compte de l'excitation des molécules CO que l'on observe dans nos laboratoires ([8]).

L'existence d'un certain nombre de centres actifs à indice de valence libre élevé sur le graphite permet sans doute aussi d'expliquer le faible travail d'extraction de l'électron 4,3 eV. Expérimentalement l'émission thermoélectronique a été décelée par deux dispositifs différents ([9]), ([10]) au cours de l'oxydation à basse pression où elle constitue un phénomène secondaire très important; car il semble que la cinétique d'oxydation de CO en phase gazeuse soit très sensible à l'effet thermoélectronique.

La chute du paramagnétisme de l'oxygène chimisorbé prouve bien le couplage des électrons célibataires des centres actifs avec les électrons de spins antiparallèles des orbitales px et py des molécules O_2 ([11]).

Des développements ultérieurs basés sur les théories modernes de la chimie théorique permettront de préciser un certain nombre de ces processus physico-chimiques.

([7]) Busso, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1946.

([8]) Busso, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1361-1363; 228, 1949, p. 683-684.

([9]) Audubert et Racz, *Bull. Soc. Chim. France*, 12, 1945, p. 318.

([10]) Strickland-Constable, *Trans Far. Soc.*, 40, 1944, p. 333.

([11]) Juza et Langheim, *L. Elektroch.*, 1939, p. 689.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Comparaison des grandeurs caractérisant la réactivité chimique dans le cas de la pyridine.* Note de M. **Pierre Yvan**, présentée par M. Louis de Broglie.

R. H. Busso, O. Chalvet, R. Daudel, C. Sándorfy et C. Vrœlant (1) ont récemment comparé différentes grandeurs caractérisant la réactivité des hydrocarbures, dans le cadre des méthodes des orbitales moléculaires (2) et des états de spin (3). Ils ont ainsi obtenu une série de courbes reliant entre elles deux à deux les autopolarisabilités, les valences libres et une quantité caractéristique des barrières de potentiel introduite par G. W. Wheland (4), montrant notamment qu'il existe une étroite relation entre les autopolarisabilités et les barrières de potentiel.

Nous rendons compte ici d'une étude ayant pour but la comparaison de ces mêmes grandeurs dans le cas d'un composé hétéroatomique : la pyridine. Les paramètres utilisés (2) ont été $\alpha_N = \beta$ pour l'azote et $\alpha_C = 0$ (c'est-à-dire que nous n'avons pas attribué de paramètre supplémentaire aux atomes de carbone liés à l'atome d'azote; les résultats ainsi obtenus sont en effet assez voisins de ceux que nous avons précédemment calculés avec $\alpha_C = 0,1$). De plus, nous avons négligé dans nos calculs les intégrales de recouvrement. On aboutit ainsi aux valeurs réunies dans le tableau I :

Tableau I.

Position par rapport à l'atome d'azote.	Valence libre.	Barrière de potentiel. Cas des réactions radicalaires.	Autopolarisabilité.	Charge.	Barrière de potentiel. Cas des réactions électrophiles.	Barrière de potentiel. Cas des réactions nucléophiles.
ortho.......	0,387	2,45	0,424	0,855	2,73	2,16
méta........	0,345	2,52	0,396	1,008	2,52	2,52
para........	0,360	2,54	0,395	0,904	2,85	2,22

On constate, d'une part, dans le cas des réactions radicalaires, qu'on obtient un bon accord entre les valeurs des autopolarisabilités et des barrières de potentiel, mais que les valences libres présentent par rapport à ces deux grandeurs, une inversion méta-para dans l'ordre des réactivités (*voir* tableau II). Les valeurs obtenues pour les autopolarisabilités et les barrières de potentiel se placent bien sur la courbe obtenue par MM. R. H. Busso, O. Chalvet, R. Daudel, C. Sándorfy et C. Vroelant (1).

(1) *Colloque International de Nancy*, 1949 (sous presse).
(2) *Voir* C. A. Coulson et H. C. Longuet-Higgins, *Rev. Scient.*, 85 1947, p. 929-937.
(3) C. Vroelant et R. Daudel, *Bull. Soc. Chim. France*, **16**, 1949 p. 36 et 219, et *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 399.
(4) *J. Am. Chem. Soc.*, **64**, 1942, p. 900.

TABLEAU II.

Ordre décroissant des réactivités des différents sommets dans le cas des réactions radicalaires d'après :

Les autopolarisabilités.	Les barrières de potentiel.	Les valences libres.
ortho > méta > para	ortho > méta > para	ortho > para > méta

On constate, d'autre part, dans le cas des substitutions ioniques, un accord complet entre la théorie électrostatique (à partir des valeurs des charges) et les barrières de potentiel pour les réactions nucléophiles (tableau III), tandis que pour les réactions électrophiles (tableau IV), si les deux méthodes

TABLEAU III.

Ordre décroissant des réactivités des différents sommets dans le cas des réactions nucléophiles d'après :

la théorie électrostatique (charges).	les barrières de potentiel.
ortho > para > méta	ortho > para > méta

TABLEAU IV.

Ordre décroissant des réactivités des différents sommets dans le cas des réactions électrophiles d'après :

la théorie électrostatique (charges).	les barrières de potentiel.
méta > para > ortho	méta > ortho > para

montrent bien que la position méta est la plus favorisée, l'ordre des réactivités des sommets ortho et para diffère. Cette difficulté (d'ailleurs mineure) pourrait s'expliquer en disant que si la place initiale, régie par les charges, est bien orientée en para, lors de l'évolution du système, à cause de sa grande autopolarisabilité, le sommet ortho arrive à posséder la charge la plus élevée et modifie alors l'orientation de la réaction en sa faveur. Les barrières de potentiel (qui tiennent compte de l'évolution du système) sembleraient ainsi rendre compte de l'intervention de ces deux grandeurs.

Si l'on tient compte de ces dernières considérations, l'ensemble des résultats obtenus semble assez cohérent. Ceux-ci sont également en bon accord (5) avec les faits expérimentaux.

---

(5) N. P. Buu Hoï et R. Daudel, *Bull. Soc. Chim. France* (sous presse).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches dans la série de l'acénaphtène.* Note de MM. **Henry Gault** et **Grégoire Kalopissis**, présentée par M. Marcel Delépine.

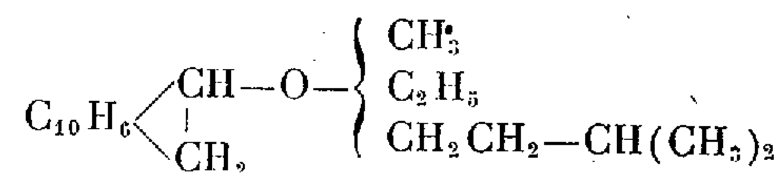
Les recherches qui font l'objet de cette communication portent sur quelques dérivés facilement accessibles de l'acénaphtène : l'acénaphténol d'une part et l'acénaphténone d'autre part.

I. Acénaphténol. — Nous avons plus particulièrement étudié l'action, sur l'acénaphténol : $C_{10}H_6\left\langle\begin{matrix} CHOH\ (^1) \\ | \\ CH_2\ (^2) \end{matrix}\right.$ des hydracides, en particulier l'acide bromhydrique, et des halogènes, en particulier le brome.

a. Action de l'acide bromhydrique. Bromo-1 acénaphtène. — Lorsqu'on fait passer un courant d'acide bromhydrique gazeux dans une solution acétique d'acénaphténol, on obtient, avec un rendement de 80 %, le bromo-1 acénaphtène (F 73°) et ce mode de préparation est beaucoup plus simple que celui qui avait été décrit jusqu'à présent (¹).

Afin de préparer, à partir de ce dérivé bromé, le nitrile de l'acide acénaphtène-carboxylique, nous avons cherché à le condenser avec le cyanure de potassium, dans les conditions suivies par Wislicenus pour la préparation du cyclopentane-nitrile (²). En milieu alcoolique, il se forme exclusivement les éthers mixtes de l'acénaphténol et de l'alcool employé comme milieu réactionnel, ces mêmes éthers prenant d'ailleurs aussi naissance par combinaison directe des alcools avec le bromo-1 acénaphtène en l'absence de tout agent de condensation.

Nous avons isolé plus spécialement les éthers suivants : Méthoxy-1 acénaphtène, éthoxy-1 acénaphtène et isoamyloxy-1 acénaphtène



dont voici quelques caractéristiques :

Méthoxy-1 acénaphtène : liquide jaune, $É_{16}$ 160-161°.

Éthoxy-1 acénaphtène : liquide jaune, $É_{16}$ 171-172°.

Isoamyloxy-1 acénaphtène : liquide jaune, $É_{18}$ 191-192°.

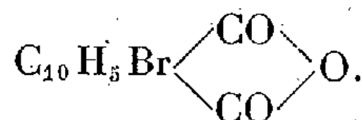
b. Action du brome. — Le brome en milieu acétique réagit sur l'acénaphténol avec formation du dibromo-1,5 acénaphtène, l'acide bromhydrique, libéré par la fixation du brome en 5, estérifiant la fonction alcool. La bromuration s'effectue en ajoutant, à une suspension d'acénaphténol dans l'acide

(¹) Bachman et Sheehan, *J. Am. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 204.

(²) Wislicenus et Gartner, *Ann.*, 275, 1893, p. 336.

acétique, une solution acétique de brome (30 à 35 % en poids). L'acénaphténol entre peu à peu en solution et, après addition totale du brome, la solution se trouble et le dibromo-1,5 acénaphtène commence à précipiter. Rendement, 71 %.

Ce corps, après recristallisation dans un mélange de chloroforme et d'acide acétique, se présente sous forme d'aiguilles blanches F 116-117°. La position des atomes de brome a été établie par oxydation à l'aide du bichromate de sodium qui a conduit à l'anhydride de l'acide bromo-4 naphtalénique-1,8



On n'observe aucun abaissement du point de fusion en mélangeant ce corps avec l'anhydride préparé à partir du bromo-5 acénaphtène ([3]).

Le brome, en milieu acétique, réagit sur les trois éthers décrits ci-dessus et sur l'acétate de l'acénaphténol en conduisant également au dibromo-1,5 acénaphtène.

Le dibromo-1,5 acénaphtène conduit, à son tour, par action de la potasse méthyl-alcoolique ou du méthanol seul, à l'éther bromé correspondant, le méthoxy-1 bromo-5 acénaphtène, qui cristallise en belles aiguilles légèrement jaunâtres, F 72-73°.

II. Acénaphténone. — Des travaux antérieurs ([4]) ont montré que l'acénaphténone est susceptible de se condenser, par cétolisation, avec les aldéhydes aromatiques, mais à notre connaissance, aucun travail n'a été publié jusqu'à ce jour sur la condensation de cette cétone avec des aldéhydes acycliques. Nous avons cherché à combler cette lacune et nos premières recherches ont porté sur la réaction de cétolisation acénaphténone-formaldéhyde.

En milieu aqueux, en présence de base (soude ou baryte), le formaldéhyde (formol 35 %) se fixe sur l'acénaphténone avec formation du dérivé hydroxyméthylique correspondant $C_{10}H_6\left\langle\begin{array}{l}CO\\ |\\ CH-CH_2OH\end{array}\right.$.

L'hydroxyméthyl-2 acénaphténone, obtenue avec un rendement de 90-92 %, est un produit solide qui, recristallisé dans l'acide acétique, fond à 213-215°.

Nous avons pu facilement préparer l'ester acétique (F 176-177°) et l'ester benzoïque (F 255°), mais nous n'avons pu, au contraire, obtenir jusqu'à présent, les dérivés azotés correspondants de la fonction cétone.

Nous poursuivons cette étude.

([3]) Graebe et Guinsbourg, *Ann.*, 327, 1903, p. 86.

([4]) Graebe et Jéquier, *Ann.*, 290, 1896, p. 204; De Fazi et Coll., *Gaz Chim. Ital.*, 54, 1924, p. 658; 60, 1930, p. 271; Sircard et Gopalan, *J. Indian Chem. Soc.*, 9, 1932, p. 103, 297 et 639. Br. U. S. A., 1947231.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Variation, à grande échelle, de l'activité des atmosphériques au cours de la croisière antarctique du* Commandant Charcot. Note de MM. **Robert Bureau** et **Michel Barré**, présentée par M. Pierre Lejay.

Les enregistrements du niveau moyen des atmosphériques sur 27 kc/sec effectués au cours du voyage, vers la Terre Adélie, du *Commandant Charcot* commandé par le capitaine de frégate M. Douguet, ont fait l'objet d'une Note antérieure ([1]). La sensibilité de l'enregistreur d'atmosphériques, installé à bord, a été choisie pour obtenir des courbes comprises dans la limite du diagramme, c'est-à-dire assez élevées pour dessiner l'allure générale, au cours de chaque période de 24 heures, sans cependant plafonner pendant plus de deux heures de suite. Après les inévitables tâtonnements du début, il est apparu qu'il était possible d'y parvenir sans modifier la sensibilité pendant plusieurs jours consécutifs. On remarquera qu'il s'agit en quelque sorte d'une méthode de zéro, méthode qui s'impose dans le cas, qui est le nôtre, d'une grande variabilité.

L'amplitude des variations de la sensibilité ainsi choisie est considérable et dépasse les variations accidentelles, ce qui a permis de recueillir une documentation déjà utilisable malgré les réserves qui s'imposent quand il s'agit d'un voyage unique.

L'étalonnement de l'enregistreur du *Commandant Charcot* a été effectué suivant la méthode de F. Carbenay ([2]) définissant le seuil de fonctionnement de l'appareil par un flux d'impulsion par unité de hauteur effective de l'aérien (en maxwells par mètre).

La figure indique, pour chaque zone traversée, en même temps que la date, le seuil en maxwells par mètre. Les valeurs extrêmes sont 500 et 50 maxwells par mètre, ce qui correspond à un rapport de 100 en puissance.

On remarque l'importance de la variation de latitude, l'effet de la longitude, qui est une conséquence de la situation géographique, et l'effet saisonnier, par la comparaison des seuils de janvier et mars dans les eaux australiennes.

L'expérience devra naturellement être renouvelée. Mais il est remarquable que des résultats si nets aient été obtenus au cours d'un seul voyage aller et retour à travers les deux hémisphères.

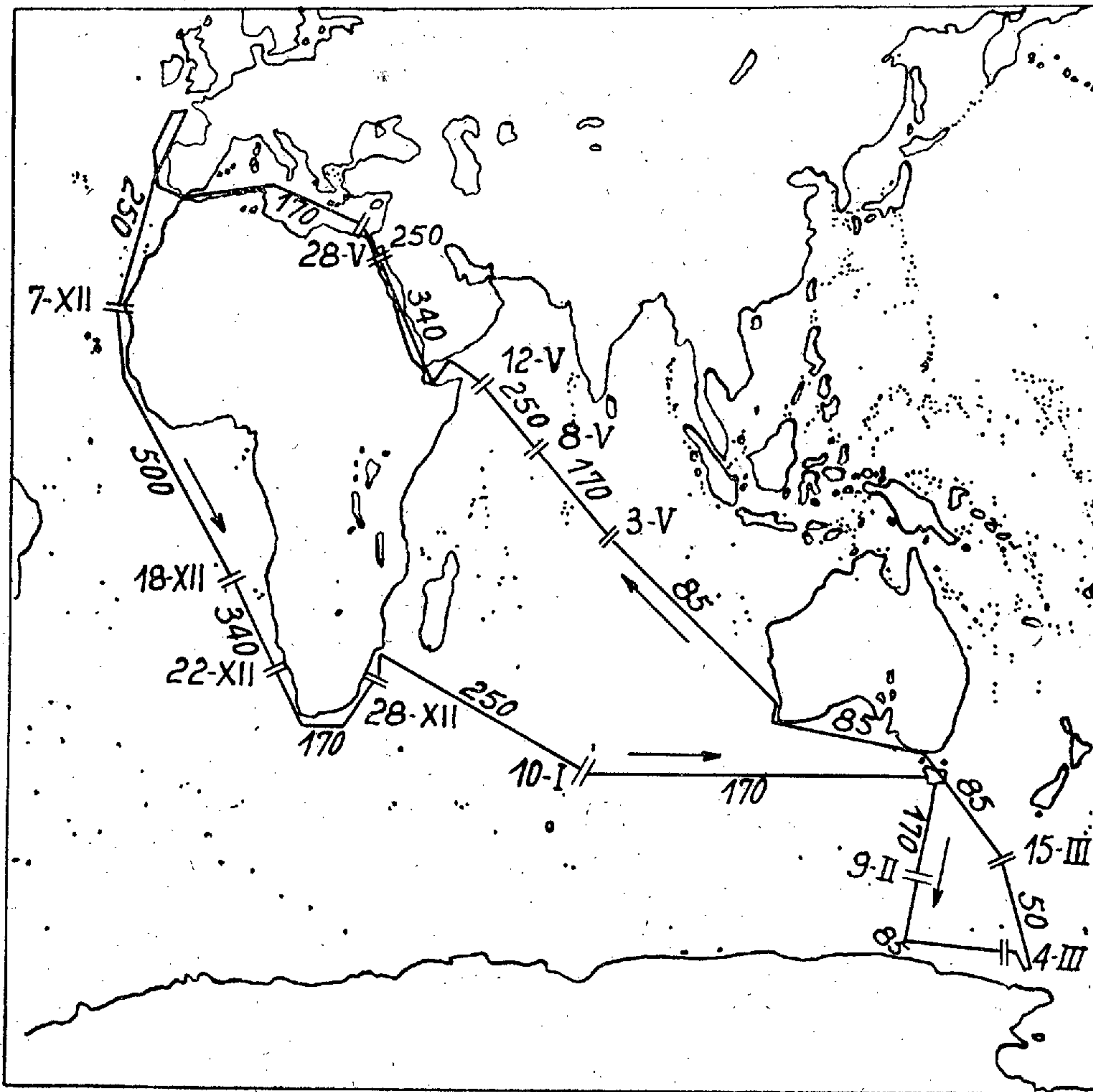
De telles séries de mesures, faites sur ondes très longues, apportent une

---

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 525.

([2]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1710; Note Préliminaire n° 131 du Laboratoire National de Radioélectricité; *Recueil des Travaux de l'Assemblée Générale de l'Union Radioscientifique Internationale* (Stockholm, 145, 1948, p. 355).

contribution radioélectrique à la recherche des principaux foyers orageux mondiaux. Mais ce n'est là qu'une première étape pour l'établissement de



cartes mondiales de bruits radioélectriques sur ondes décamétriques, car la portée des atmosphériques est beaucoup plus faible sur ces ondes que sur les ondes kilométriques.

CHIMIE AGRICOLE. — *Passage en solution du manganèse des sols calcaires.* Note (*) de M. **Pierre Boischot** et M[lle] **Marcelle Durroux**, présentée par M. Albert Demolon.

Nous avons indiqué précédemment ([1]) que le manganèse se fixait sur les grains calcaires par un phénomène d'adsorption. Nous avons recherché si ce

(*) Séance du 17 août 1949.
([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 596.

manganèse peut repasser dans les solutions du sol et être à nouveau utilisé par les plantes.

1° *Expérience sur carbonate de chaux pur.* — 500^{mg} de CO^3Ca ont été agités 30 minutes avec 55^{cm^3} d'une solution de sulfate de manganèse contenant 150^{γ} Mn. Dans ces conditions, 64^{γ} de Mn sont absorbés par les 500^{mg} de calcaire. Ceux-ci sont alors agités 30 minutes avec des volumes croissants d'humate d'ammoniaque neutre (pH6,9) à 1 °/₀₀. Nous avons dosé après filtration, le manganèse passé en solution.

Volume d'humate (en cm^3).	Mn extrait (en γ).	Extrait °/₀₀ du Mn introduit.	Reste fixe (en γ).	Concent. finale de la solution (en γ % cm^3).
25	16,7	26,1	47,3	66,8
50	17,6	27,5	46,4	35,2
100	20	31,2	44	20
400	31	48,4	33	7,7
800	45	70,3	39	2,3

Si nous traçons une courbe en mettant en abscisse la concentration de la solution obtenue et en ordonnée le manganèse resté fixé, nous voyons qu'il s'agit bien d'un phénomène de désorption.

Concentration (°/₀₀).	Mn extrait (en γ).	Mn extrait °/₀₀ d'humate.
1	6	0,20
2	11	0,18
5	19	0,12
8	22	0,09
10	25	0,08

2. *Cas d'une craie naturelle.* — Nous avions trouvé dans une coupe pédologique des environs d'Amiens une zone d'accumulation de manganèse dans la craie dosant 0,195 °/₀₀ de Mn réparti autour des grains de calcaire.

a. Influence de la concentration. — En prenant 500^{mg} du calcaire initial et en l'épuisant avec 30^{cm^3} d'humate d'ammoniaque neutre à différentes concentrations, on constate que le taux d'extraction augmente avec la teneur en humate.

b. Influence de la quantité de solution d'humate. — Pour faciliter les dosages, nous avons cherché à avoir un calcaire à plus haute teneur en manganèse. Pour cela nous avons gratté la surface des blocs calcaires et obtenu une poudre dosant 0,8 °/₀₀ de Mn.

200^{mg} de cette poudre étaient agités pendant une demi-heure avec diverses quantités d'une solution d'humate à 1 °/₀₀. Nous avons obtenu les chiffres suivants :

Volume d'humate (en cm³).	Mn extrait (en γ).	Mn restant fixé sur les 200^mg CO³Ca (en γ).	Titre de la solution finale (γ % cm³).
50	28	132	56
100	31	129	31
250	47	113	18
500	74	86	16
750	78	82	11

Si nous traçons les courbes correspondantes, nous voyons que, pour le calcaire naturel comme pour CO_3Ca pur chargé artificiellement de manganèse, cet élément peut être extrait par les solutions humiques du sol par un phénomène de désorption.

Conclusions. — De ces expériences, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1° Les solutions d'humus telles qu'on les rencontre dans le sol sont susceptibles d'extraire le manganèse fixé sur les grains calcaires;

2° Cette extraction se fait par désorption, ce qui confirme le fait que le manganèse se fixe par adsorption.

3° Ce passage dans la solution du sol explique pourquoi les végétaux croissant sur les terres calcaires ne sont pas, dans la généralité des cas, carencés en manganèse, malgré la fixation de celui-ci sur le calcaire.

4° En ce qui concerne la carence observée dans les terres humifères chaulées, il ne faut donc pas l'attribuer à la fixation de Mn sur l'amendement calcaire, mais à son passage à l'état de combinaisons résistantes, par un processus biochimique qui reste à élucider.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la production de trois veaux normands, à l'aide de sperme de taureau recueilli électriquement, dilué, conservé et transporté.* Note (*) de MM. **Martial Laplaud** et **Robert Cassou**, présentée par M. Caullery.

Les centres d'insémination artificielle sont parfois dans l'impossibilité d'obtenir à coup sûr, au moment désiré, le sperme de leurs reproducteurs de grande valeur. Pour remédier à ce préjudice, nous avons utilisé l'électro-éjaculation et montré qu'il est avantageux de substituer à la méthode des deux électrodes, l'une rectale interne, l'autre dorso-lombaire externe, celle de l'électrode unique bipolaire rectale Laplaud-Cassou. Nous l'avons appliquée aux béliers et aux boucs (¹), aux coqs et aux lapins, puis au taureau et au verrat (²).

(*) Séance du 19 septembre 1949.

(¹) M. Laplaud et R. Cassou, *C. R. Acad. Agricult.*, **31**, 1945, p. 37.

(²) M. Laplaud et R. Cassou, *C. R. Soc. Biol.*, 1949; **142**, 1948, p. 726.

La présente Note a pour but de faire connaître que cette méthode a permis pour la première fois de produire trois veaux avec du sperme obtenu d'un taureau impotent de 3 ans et demi, par électroéjaculation, sperme ensuite dilué, conservé et transporté. L'expérience a été réalisée par le centre d'insémination artificielle de La Loupe (Eure-et-Loir), dirigé par M. R. Cassou, à la suite de l'impotence fonctionnelle de l'appareil locomoteur du taureau *Canari* (n° 38340, vol. 61 du *Herd Book Normand*), né le 10 décembre 1944, introduit au centre d'insémination le 3 novembre 1946, accidenté le 27 avril 1948, traité pendant 120 jours et reconnu incurable le 20 juin 1948. Taureau très fécond : nombre d'éjaculations récoltées à La Loupe avant l'accident : 161. Date de la collecte par stimulation électrique : 19 août 1948 à 19h. Réactions du taureau habituelles, longue préparation, forte érection pendant toute la phase d'attaque. Grande abondance de sécrétions des glandes accessoires. Récolte de 6^{cm^3} de sperme normal, de qualité moyenne; 600000 éléments au millimètre cube, forte motilité.

Ce sperme a été dilué avec du jaune d'œuf citraté conservé au frigidaire depuis 72 heures dans la proportion : 1 partie sperme, 2 parties dilueur. Une fois dilué, le sperme a été mis en conservation; 14 heures plus tard, 2^{cm^3} ont été expédiés à la sous-station de Longny-du-Perche; le reste réservé à La Loupe.

Deux vaches ont été inséminées, d'accord avec leurs propriétaires : 1° La vache *Négresse*, (HBN — 80665 — V. 64), chez M. Schatty à Marchainville (Orne), en chaleur depuis 17 heures, le 20 août 1948 à 11 heures; 2° la vache *Lolotte*, chez M. Truelle, à Saint-Mexmes (Eure-et-Loir), en chaleur depuis 20 heures, le 21 août 1948 avec du sperme de 45 heures.

Ces deux vaches ont mis bas trois veaux, savoir : 1° *Négresse*, le 27 mai 1949, deux faux-jumeaux, un mâle et une femelle; nous ne savons rien de leurs enveloppes fœtales, ni si la femelle est une free-martin, ou si elle est parfaitement normale; 2° *Lolotte*, le 29 mai 1949, un mâle.

Les animaux, bien racés, sont en parfaite santé; ils montrent la possibilité d'utiliser les vieux *Sires* devenus trop pesants, les taureaux accidentés, ou ceux de tout âge dont le psychisme a été influencé et qui ne veulent plus se laisser tromper par le vagin artificiel.

BIOCHIMIE. — *Le sang et les agents gélifiants.* Note de M. **Wladislas Kopaczewski**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

L'action retardatrice des diverses *coagulases* sur la gélification des biocolloïdes variés, récemment signalés [1], nous a incité à étudier leurs effets sur du sang humain.

---

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 388, 498 et 517.

On a déjà observé que le latex de *Carica papaya* accélère la gélification du sang (Dyckhoff et Gigante), tout comme la *papaïne* (Douglas et Colebrook) et la *trypsine* (Eagle et Harris), et que le suc de *Canavalia ensiformis* la favorise, à faibles doses, mais l'empêche, à fortes doses (Sumner).

Nous avons élargi ces observations sur d'autres facteurs gélifiants dans les conditions suivantes ; toutes les expériences furent faites à 20°C, dans des tubes à hémolyse paraffinés; le sang humain veineux fut coulé directement, goutte à goutte, dans les réactifs étudiés; on obtenait les mélanges par dix renversements mitigés, afin d'éviter la formation de la mousse; les tubes furent immédiatement obturés avec des bouchons paraffinés.

1. *Le sang et les coagulases*. Le *suc extrait des feuilles de luzerne* (*pectase*), en concentration finale de 10 % (0,02 % de matières sèches), retarde de 20 minutes la prise en masse du sang; notons, toutefois, que ce suc est riche en vitamine K.

Le *latex d'Euphorbia dendroïdes* (*coalase*), en concentration finale de 10 %, permet de conserver le sang à l'état liquide durant 12 jours, à 20°C, sans hémolyse et avec une forte synérèse. Il en est de même pour la fraction hydrosoluble du latex d'*Euphorbia resinifera* desséché à 40°C dans le vide : en concentration finale de 0,25 % elle raccourcit de moitié la gélification du sang humain *in vitro*, mais à 1 % elle la retarde de 3 heures. Cette fraction est sans action lorsqu'on la dessèche à 65°C.

L'extrait liquide de caillettes de veau (*présure*), en concentration de 10 %, retarde la gélification de 6 heures; à 20 %, le sang reste liquide au delà de sept jours, sans hémolyse. Aussitôt après l'addition de la *présure* on constate une artérialisation forte. Ces résultats ne s'obtiennent qu'avec des présures commerciales liquides ou avec l'extrait aqueux de caillettes de veau; les présures commerciales solides sont sans effet sur la gélification du sang *in vitro*. Ces dernières ne sont pas coagulables par l'éthanol absolu; or, la portion coagulable par ce solvant, dispersée dans NaCl à 9 % (volume initial) et ajoutée à raison de 25 % (en volume) retarde la gélification du sang de 10 jours, sans hémolyse, ni agglutination des globules rouges.

La *papaïne* (*pure* Trouette-Perret), en concentration finale de 0,24 à 0,3 %, raccourcit deux fois le temps de gélification du sang; mais à la dose de 0,5 % elle permet de le conserver liquide au delà de 48 heures; on empêche l'hémolyse en dispersant le ferment dans une solution de NaCl à 9 ‰.

La *pepsine* (*extractive* Codex) gélifie le lait mais retarde la prise en masse du sang humain de 2 heures en concentration finale de 0,5 % et de 36 heures en concentration de 1 %.

2. *Le sang et les biocolloïdes gélifiables*. — Notons, tout d'abord, que le sang, dilué trois fois par la solution à 9 ‰ de NaCl, se gélifie normalement sans synérèse; dilué sept fois, il donne encore des gels, quoique tardivement et avec une synérèse énorme.

L'addition du sang, en concentration finale de 23 %, ne fait pas gélifier la

pectine à 0,3 %, et cette dernière ne modifie pas la gélification du sang, comparée à celle du sang additionné du même volume de NaCl à 9 ‰.

Avec le *lait* de vache on obtient les résultats suivants :

Concentration du sang.	Phénomènes observés.
Lait pur	Gel en 31 heures
5 à 10 %	Gel en 80 minutes, puis une synérèse très abondante et gel du liquide synérétique en 56 heures
20 %	Gel en 50 minutes, puis synérèse très abondante et gélification de ce liquide en 60 heures
40 %	Gel en 40 minutes, synérèse très abondante suivie d'une gélification du liquide synérétique en 120 heures
Sang pur	Gel en 17 minutes

En tenant compte des effets de dilution, on constate que le lait retarde faiblement la gélification du sang, et réciproquement. La formation d'une masse compacte n'est due, en somme, qu'à l'emprisonnement mécanique du lait, tout comme dans le cas du sang dilué dans une solution de NaCl à 9 ‰.

3. *La* thrombase *et les biocolloïdes gélifiables autres que le sang.* — La *thrombase* à 1,0 % est sans action apparente sur la *pectine* à 0,3 % ; mais elle retarde sa gélification par les agents chimiques ($NaOH$, $CuCl_2$, C_2H_5OH).

En concentration finale de 0,1 %, la *thrombase* retarde de 24 heures la gélification du *lait* de vache frais.

Le *sérum normal de cheval*, qui se gélifie en 45 heures, à 20°C, par l'acide lactique en concentration finale de 5 %, ne se prend en masse, en présence de la *thrombase* en concentration finale de 0,25 %, qu'après 266 heures.

Conclusions. — 1° Les ferments hypothétiques gélifiants autres que *thrombase*, notamment l'extrait de feuilles fraîches de luzerne (*pectase*), celui de caillette de veau (*présure*) ou de muqueuse d'estomac (*pepsine*), retardent la gélification du sang *in vitro*. L'action retardatrice de l'extrait aqueux de caillette de veau est due à la fraction coagulable par l'éthanol absolu.

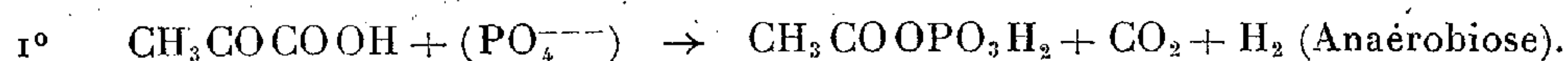
2° Le latex de *Carica papaya* (*papaïne*) et d'*Euphorbia dendroïdes*, ainsi que la fraction hydrosoluble du latex d'*Euphorbia resinifera* (*coalase*), accélèrent cette gélification à des doses faibles et la retardent en concentrations fortes.

3° Le ferment gélifiant le sang, *thrombase*, retarde la gélification acide du lait de vache, ainsi que celle de la pectine ou du sérum de cheval par les agents chimiques.

4° La pectine et le lait, en concentrations appropriées, retardent faiblement la gélification du sang humain veineux *in vitro*.

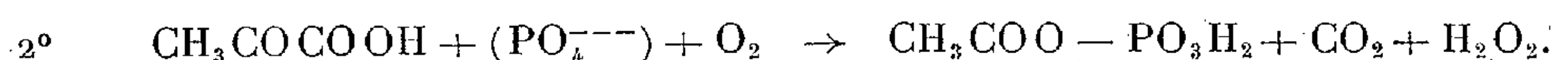
CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La dégradation du pyruvate de* Na *et du glucose en aérobiose par les suspensions de* Cl. sporogenes *et* Cl. saccharobutyricum. Note de M. **Bention Nisman**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

A. Lipmann et coll. [1] ainsi que Koepsell et Johnson [2] ont montré que la réaction hydrolytique de la dégradation de l'acide pyruvique est en réalité une réaction phosphoroclastique. *Cl. butylicum* [2] dégrade l'acide pyruvique de la manière suivante :



1° $CH_3COCOOH + (PO_4^{---}) \rightarrow CH_3COOPO_3H_2 + CO_2 + H_2$ (Anaérobiose).

Par contre *Lactobacillus delbrueckii* [1] décarboxyle oxydativement l'acide pyruvique suivant la réaction :



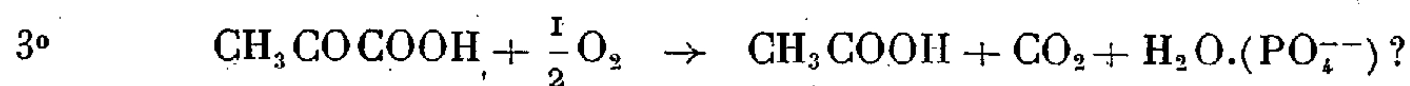
2° $CH_3COCOOH + (PO_4^{---}) + O_2 \rightarrow CH_3COO - PO_3H_2 + CO_2 + H_2O_2$.

Ces deux réactions s'accompagnent d'une estérification de phosphate inorganique et donnent naissance à l'acétyl-phosphate qui peut ultérieurement être décomposé en phosphate et acide acétique. La différence entre ces deux réactions réside dans le fait que l'hydrogène n'a pas besoin d'accepteur dans le premier cas, tandis que dans le second il est obligatoirement accepté par l'oxygène avec comme conséquence, formation d'eau oxygénée. Les expériences que nous avons effectuées avec des suspensions de *Cl. sporogenes* et *Cl. saccharobutyricum* montrent que l'acide pyruvique est dégradé en aérobiose (tableau I). Pour une molécule disparue il y a approximativement consommation d'un atome d'oxygène et dégagement d'une molécule de CO_2. Nous n'avons jamais pu mettre en évidence la formation d'H_2O_2, et même en présence de grand excès de catalase aucune diminution de l'oxygène consommé n'a pu être remarqué. On constate d'après le même tableau que de tous les inhibiteurs essayés, seul le mono-iodacétate de Na(M/200) inhibe totalement la dégradation oxydative du substrat. Ceci semble exclure la présence dans l'enzyme d'un groupement prosthétique contenant du fer. Par contre, cette inhibition suggère l'existence de groupes —SH actifs dans la pyruvate-déshydrogénase des deux anaérobies stricts. Alors que dans les cas cités [1], [2] l'acétyl-phosphate se forme en quantités proportionnelles au substrat disparu, avec nos bactéries on ne décèle que de très petites quantités de ce produit, probablement ce dernier est-il décomposé rapidement par une acétyl-phosphatase. Nos expériences indiquent que les deux anaérobies stricts *Cl. sporogenes* et *Cl. saccharobutyricum* peuvent utiliser O_2 comme accepteur d'hydrogène

(1) *Adv. Enzymol.*, 6, 1946, p. 231.

(2) *J. biol. Chem.*, 145, 1942, p. 379.

dans la dégradation de l'acide pyruvique qui s'effectue selon la réaction suivante :



3° $$CH_3COCOOH + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CH_3COOH + CO_2 + H_2O.(PO_4^{--})\ ?$$

B. Sous l'action des suspensions des deux anaérobies, le glucose disparaît rapidement en anaérobiose sans pourtant donner naissance à des quantités appréciables de produits volatils qui, en culture, constituent normalement les produits finaux de la dégradation de ce sucre. Il nous a semblé intéressant de vérifier si le glucose peut être attaqué en aérobiose par les suspensions de ces deux bactéries. Les expériences rapportées au tableau I montrent qu'effectivement il y a consommation de deux atomes d'O par molécule de glucose disparu. Ici non plus on ne constate pas de formation d'H_2O_2. FNa (M/100) inhibe totalement la métabolisation aérobie du glucose et il n'y a pas d'absorption d'oxygène en présence de l'inhibiteur. Une action inhibitrice de même intensité est exercée par le monoiodacétate de Na (M/600). Nos expériences [3] semblent indiquer que certains stades de la dégradation du glucose chez les anaérobies stricts seraient identiques à ceux de la glycolyse des bactéries aérobies ou de la levure.

TABLEAU I.

(µ moles).

	Concentration initiale du substrat.		Substrat consommé.	Acétyl-phosphate formé.	CO_2 dégagé.	O_2 consommé. (b). µatomes.	O_2 consommé. Pyruvate disparu.
			Dégradation du pyruvate de Na.				
Cl. spor.....	100		92	0,5	84,0	83	0,9
Cl. sacch....	»		94	0,7	83,9	80	0,8
Cl. spor.....	100+FNa	M/60	90	0,6	83,8	72	0,8
Cl. sacch..	»		88	0,8	83,9	75	0,85
Cl. spor.....	100+arsenite	M/600	88	–	–	69	0,79
Cl. sacch..	»		89	–	–	68	0,78
Cl. spor.....	100+CNK	M/600	91	–	–	71	0,79
Cl. sacch..	»		72	–	–	72	1,00
Cl. spor.....	100+ICH_2COOH	M/200	10	–	–	3	–
Cl. sacch..	»		5	–	–	6	–
			Dégradation du glucose.				
Cl. spor.....	20		20	–	–	40	2
Cl. sacch....	»		20	–	–	42	2,1
Cl. spor.....	20+FNa	M/100	3	–	–	2	–
Cl. sacch....	»		4	–	–	2	–
Cl. spor....	20+ICH_2COOH	M/600	2	–	–	1	–
Cl. sacch....	»		1,4	–	–	1	–

Nota. — La respiration des suspensions sans substrat a été déduite.

[3] Les détails expérimentaux seront publiés aux *Ann. Inst. Past.*

Chaque cupule de Warburg contient le substrat dans du tampon phosphate M/15, pH 6,9 + 1^{mol} susp. bactérienne (N = 5^{mg},6 pour *Cl. sporogenes* et 5^{mg},4 pour *Cl. saccarobutyricum*). Volume total 3^{ml}. Durée de l'expérience 90 minutes. Température 37°. Phase gazeuse, air.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'isolement et l'extraction à partir des voiles mycéliens d'*Actynomyces griseus *d'une substance active sur les cocci Gram +*. Note de MM. **Émile Arquié**, **Henry Deshayes**, **Claude Oger**, Mlle **Marcelle Peyre** et Mme **Janine Grehier-Charpentier** (1), présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les divers travaux [(2) à (8)] effectués sur les antibiotiques des voiles mycéliens d'*A. griseus*, ont montré qu'il existait, à côté de la streptomycine et de la griséine, au moins une autre substance active sur les germes gram +. Cette substance n'a encore jamais été isolée, à notre connaissance.

Une nouvelle série de recherches nous a conduits à isoler et à extraire cette substance.

Ce sont ces recherches et un aperçu rapide des conséquences pratiques que l'on peut en tirer qui font l'objet de cette première Note.

L'extraction trichloracétique à partir du voile par la méthode de Boivin donne un produit final qui contient un antibiotique actif à la fois sur les Gram + et les Gram —. Cet antibiotique semble pouvoir être identifié à la streptomycine ou à la griséine, ou aux deux suivant les souches.

Mais cette méthode d'extraction laisse de côté une quantité importante d'antibiotique et en particulier la totalité de la substance active sur les Gram +.

Lorsque avant l'extraction trichloracétique on épuise le voile lavé à l'eau et essoré par une série de méthanols, le premier alcalin à pH 10, les autres acides à pH 6, on obtient dans ces méthanols et surtout dans les méthanols acides, une substance très active sur les Gram +, pratiquement sans action sur les Gram —.

---

(1) Document retiré du pli cacheté n° 12455 déposé le 28 juin 1948, ouvert à la demande des auteurs le 8 août 1949.

(2) A. Schatz et S. A. Waksman, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 57, 1944, p. 244.

(3) S. A. Waksman, A. Schatz et H. C. Reilly, *J. Bact.*, 51, 1946, p. 753.

(4) D. Reynolds, A. Schatz et S. A. Waksman, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 64, 1947, p. 50.

(5) P. Goret, L. Joubert, F. Boyer et F. Grumbach, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 962.

(6) P. Goret, L. Joubert, F. Boyer, F. Grumbach et E. Arquié, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2011 (2e Note).

(7) F. Grumbach, P. Goret, E. Arquié et F. Boyer, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2096, (3e Note).

(8) *Ibid.* (4e Note en préparation).

A partir de ces méthanols, cette substance peut être obtenue sous forme d'une poudre insoluble dans l'eau, soluble dans la plupart des solvants habituels et en particulier dans l'huile. Cette poudre semble avoir une puissance antibiotique considérable et contenir un nombre d'unités très supérieur à celui que contient un poids égal de streptomycine.

On pratique ensuite l'extraction trichloracétique habituelle qui donne l'antibiotique actif à la fois sur les Gram + et —.

Il semble d'après nos premiers résultats que l'extraction pratiquée de façon complète, les pH étant ajustés avec des solutions tampon, permette non seulement d'obtenir la substance antigram + mais aussi d'augmenter sensiblement la quantité de streptomycine extraite.

Voici les résultats d'une de nos expériences :

1° Le voile a été réparti en deux fractions, sur la première : extraction trichloracétique après lavage à l'eau permutée :

2° Sur la deuxième, les opérations ont été menées de façon complète, lavage à l'eau permutée, lavage avec un tampon alcalin, méthanol à pH 10, méthanol à pH 6, extraction trichloracétique.

Les résultats figurent dans le tableau suivant :

	1re fraction.		2e fraction.	
	Streptomycine.	Substance antigram +.	Streptomycine.	Substance antigram +.
Lavage	250	0	265	0
Tampon	–	–	780	0
Extrait trichloracétique	1200	0	630	0
Total	1450	0	1675	0
Méthanol alcalin	–	–	460	4 100
Méthanol acide	–	–	32	11 900
Total	–	–	492	16 000
Total général	1450	0	2167	16 000

Ces chiffres représentent des unités rapportées au gramme de voile. Les titrages ont été effectués par rapport à *Klebsiella pneumoniæ* et à *Staphyloccocus aureus*.

Conclusion. — Nous avons isolé et extrait de voiles d'*A. griseus* en plus de la streptomycine, de la griséine et peut-être d'autres antibiotiques, une substance qui agit électivement sur les cocci Gram + (staphylocoque). Des recherches en cours sur la stabilité de cette substance et son utilisation thérapeutique feront l'objet d'une prochaine Note.

A $15^h 35^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $15^h 45^m$. L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 OCTOBRE 1949.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Récurrence et antirécurrence.*

Note de M. **Arnaud Denjoy**.

J'ai résumé précédemment (*Comptes rendus*, t. 224, 1947, p. 612) une théorie des nombres entiers. Je l'ai ensuite exposée en la précisant, dans des conférences données à divers auditoires. Je la fonde sur une analyse de la notion d'ensemble fini. Celle-ci me conduit à l'idée de nombre ordinal, puis à celle de nombre cardinal. J'ai recours aux concepts d'ordination, de similitude ordinale, d'élément initial, d'élément final d'un ensemble ordonné.

Je voudrais expliquer pourquoi toute évocation expresse ou implicite d'un principe de récurrence me paraît devoir être écartée quand on introduit logiquement la notion de l'ensemble (N) des entiers naturels.

La définition récurrente de (N) semble tenir essentiellement dans les caractères suivants :

1° (N) est *ordonné*, en sorte que, n et p étant deux éléments quelconques de (N), ou bien n est *avant* p, ou bien n est *après* p ;

2° (N) renferme un *élément privilégié*, antérieur à tous les autres éléments de (N) et appelé *un*.

3° Si, par un mode de révélation quelconque, on a connu un élément n de (N), une opération effectuée suivant une règle (R) *indépendante de* n, permet de déduire de n un nouvel élément, dénommé $(n+1)$ et *conséquent de* n *dans* (N). Cette dernière expression signifie que : d'une part n est antérieur à $(n+1)$ dans (N), d'autre part aucun élément de (N) n'est à la fois ultérieur à n et antérieur à $(n+1)$.

4° Le même élément n, pourvu qu'il soit différent de l'élément fondamental *un*, peut être tiré d'un autre élément, dénommé $(n-1)$, par l'opération (R) ; n est le conséquent de $(n-1)$ et $(n-1)$ est appelé le *précédent de* n dans (N).

On paraît admettre que le système de ces quatre conditions détermine (N),

on devrait dire plutôt : le type d'ordination de (N). Car celui-ci se présente comme un ensemble de noms (les nombres ordinaux) dont on peut désigner les objets composant n'importe quel ensemble ordonné semblablement à (N).

Mais, sauf la condition très vague et très extensible imposée à la règle (R) d'être indépendante de n, les caractères énoncés comme devant déterminer à une similitude près l'ensemble ordonnable (N) se réduisent aux suivants :

N possède un élément initial. Tout élément de (N) a un conséquent, et, sauf l'élément initial, un précédent.

Il est évident que ces hypothèses se vérifient avec bien des sortes d'ensembles linéaires E, ordonnés dans le sens des grandeurs numériques croissantes, et dissemblables de (N). En voici des exemples :

1° L'ensemble formé des deux suites $1+(n-1)/n$ ($n \geqq 1$) et $5/2+[r/(2+2|r|)]$, n étant un entier positif et r un entier quelconque.

2° P étant un ensemble fermé linéaire, a, b ses extrémités, $u_m(a_m, b_m)$ ($m \geqq 1$) ses intervalles contigus, $u_0(-\infty, a)$, $u'_0(b, +\infty)$ ses semi-contigus infinis, plaçons sur u_0 une suite de points $a_1, \ldots, a_n, \ldots$ d'abscisses croissantes avec n, et sur u_m un ensemble $a_{m,r}$ (sur u'_0 des points $a'_{0,r}$) dont les points progressent de gauche à droite quand r croît de $-\infty$ à $+\infty$; E réunit les a_n et les $a_{m,r}$.

Est-il possible de trouver un ensemble (M) présentant les caractères ordinaux exigés de (N), et où *le passage de* a_n *à* a_{n+1}, *celui de* $a_{m,r}$ *à* $a_{m,r+1}$, s'exprimeraient par *une règle* dont la formule serait *indépendante de l'élément* a_n, $a_{m,r}$ auquel on l'applique ? Nous pensons satisfaire à cette exigence dans l'ensemble suivant :

1° *Définition de l'ensemble parfait* P. Les deux substitutions fondamentales

$$\frac{1}{x'-1}=\frac{1}{x-1}+2 \quad \text{et} \quad \frac{1}{x''+1}=\frac{1}{x+1}-2$$

déterminent un groupe fuchsien G dont les substitutions s'écrivent, avec la notation des fractions continues :

$$\xi(x)=(1, 2n_1, -2, 2n_2, 2, 2n_3, -2, 2n_4, \ldots, u)$$
$$\text{si } u=(2, 2n_{2m-1}, x-1) \quad \text{ou} \quad (-2, 2n_{2m}, x+1),$$

les n_i étant des entiers quelconques, mais (sauf n_1) toujours non nuls. Ces substitutions s'énumèrent aisément en une suite simple $\xi_m(x)$. L'ensemble $G(x)$ des transformés $\xi_m(x)$ a pour dérivé un ensemble parfait totalement discontigu P, indépendant de x. L'intervalle $i_0(-\infty, -2)$ est dans le semi-contigu infini gauche u_0 de P; $v_m=\xi_m(u_0)$ est un semi-contigu de P et contient $i_m=\xi_m(i_0)$.

2° *Disposition des points* a_n, $a_{m,r}$. Rappelons la définition des développements dou-

(1) Arnaud Denjoy, *Sur une fonction réelle de Minkowski* (*Jour. Math. pures et appl.*, XVII, fasc. 2, 1938, p. 111-113, 118-120, 130, 148).

blement infinis [1] (D) et de leurs valeurs :

$$(D) \equiv (\ldots, \alpha_n, \ldots) = x = \lim_{n+\infty} \rho_n, \qquad \rho_n = (\ldots, \alpha_{n-r}, \ldots, \alpha_n) = \frac{p_n}{q_n},$$

$$p_n = \alpha_n p_{n-1} + p_{n-2}, \qquad q_n = \alpha_n q_{n-1} + q_{n-2},$$

ρ_{-1} et ρ_0 donnés $(-\infty < n < \infty)$.

Choisissons $\alpha_{2r} = 1$, $\alpha_{2r-1} = 0$ sauf $\alpha_1 = 1$; et $\rho_{-1} = (1/0)$, $\rho_0 = (-3/1)$. Donc

$$(D) \equiv (\ldots, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, \ldots) = 2.$$

(D) est *simple, régulier, symétrique* par rapport à son chiffre central $\alpha_1 = 1$.

Posons $a_r = a_{0,r} = \rho_{2r}$; $\rho_2 = (0, \ldots, 0, 1, \ldots, 0, 1, 1)$ et $\rho_{2r} = (\ldots, 0, 1, \ldots, 0, 1)$ si $r \neq 1$; si $r = -r' \leq 0$, $a_r = [(-3 - r')/1]$. Si $r > 0$, $a_r = -2 - 1/(r+1)$. On passe de a_r à a_{r+1}, soit de ρ_{2r} à ρ_{2r+2}, en ajoutant deux quotients à la droite de ρ_{2r}; et de ρ_{2r} à ρ_{2r-2} en retranchant deux quotients à la droite de ρ_{2r}. Ce sont là des *règles uniformes*.

Les a_r sont sur i_0. Soit $a_{m,r} = \xi_m(a_r)$. La suite $a_{m,r}$ est sur i_m et croît avec r comme a_r. Soit (M) réunissant les a_n pour $n \geqq 1$ et les $a_{m,r}$ pour $m \geqq 1$, r quelconque. (M) a un *élément initial* $a_1 = \rho_2 = \xi_0(\rho_2)$. Tout élément de (M), soit $\xi_m(a_r) = \xi_m(\rho_{2r})$ à un *conséquent* $\xi_m(\rho_{2r+2})$ et, *sauf* a_1, il a un *précédent* $\xi_m(\rho_{2r-2})$. D'ailleurs (M) est dénombrable et une loi d'énumération de (M) est facile à donner. Atteindre directement, en aveugle, un élément déterminé de (M), c'est-à-dire un couple (m, r), est une hypothèse équivalente à celle de rencontrer pareillement un élément n de (N). Or une *règle unique, indépendante de* α, c'est-à-dire du couple (m, r), donne le conséquent α' de α dans (N) et, si α n'est pas $a_1 = \rho_2$, cette même règle donne α comme le conséquent d'un autre élément α'' de (M).

Pour éliminer les ensembles analogues à (M) et achever de caractériser (N), il faudrait ajouter cette condition que les éléments de (N) ordinalement compris entre 1 et un élément quelconque de (N) forment un ensemble fini. Il n'y a donc pas lieu d'être surpris que les propriétés des ensembles finis puissent servir de base à la définition de (N) et à la notion de récurrence, la réciproque étant inexacte,

L'ANTIRÉCURRENCE. — I. Dans un univers U, une classe (C) d'éléments est définie *par récurrence* de la façon suivante :

1° (C) contient un *élément fondamental* α.

2° A *tout ensemble* η *d'éléments de* (C) et particulièrement à l'ensemble η identique à α, une *règle opératoire* (A) fait correspondre *un nouvel élément* de (C), cet élément $a(\eta)$ étant logiquement ultérieur à tous ceux de η et réalisant en un sens leur *synthèse*.

Exemples. — 1° U_1 est l'univers des nombres mesurant les grandeurs physiques; (C_1) est la classe des nombres entiers positifs. L'élément fondamental α_1 de (C_1) est le nombre 1; la règle (A_1) est celle de l'addition d'une unité à l'élément final d'un ensemble η formé d'entiers déjà construits, ordonnés entre eux selon leur rang de formation.

2° U_2 est l'univers des permutations bien ordonnées P de la suite normale (N) des entiers positifs; (C_2) est la classe des permutations *spéciales* [2]; α_2 est la *permutation-unité*, la suite (N) non permutée; l'opération (A_2) est *l'addition simplement infinie des permu-*

---

(2) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 121.

tations. $P = \Sigma P_k$ se définit ainsi, les P_k étant donnés : nous mettons tout entier positif n sous sa première forme spéciale

$$n = f_1(k|j) = \frac{(k+j)(k+j-1)}{2} + j \qquad (k \text{ entier} \geqq 1, j \text{ entier} \geqq 0, k+j \geqq 2).$$

L'ordination des n selon P est l'ordination alphabétique des couples (k, j), les k étant ordonnés par grandeurs croissantes et subsidiairement les j $(\geqq 1)$ par P_k. Enfin, $f_1(k|0) \prec f_1(k|j)$ $(k \geqq 2, j \geqq 1)$.

II. Voici les conditions de la *définition antirécurrente* d'une classe (C') dans un univers U'.

1° (C') contient un *élément fondamental* β;

2° Tout élément b de (C') possède un *caractère* (γ) *de nature statique :* ou bien *b est identique à β*, ou bien b se prête à une *opération* (Δ) dont le résultat est un *ensemble* $e(b)$. [(Δ) est une *analyse* de b décomposant cet élément en éléments plus (ou non moins) simples.]

3° (caractère *antirécurrent* de la définition) *Tout élément b_1 de $e(b)$ est lui-même dans* (C');

En conséquence l'opération (Δ) est applicable à tout élément b_1 de $e(b)$ et donne (si $b_1 \neq \beta$) un ensemble $e(b_1)$ composé d'éléments b_2 eux-mêmes identiques à β ou opérables par (Δ), etc.

Exemples. — 1° $U'_1 = U_1$; $(C'_1) = (C_1)$; $\beta_1 = \alpha_1 = 1$; (Δ_1) est la décomposition d'un entier n différent de 1 en la somme de 1 et d'un autre élément $n_1 = e(n) = n - 1$, auquel 1 est ajouté; le caractère antirécurrent de la définition de (C'_1) est que n_1 est soit 1, soit opérable par (Δ_1). Ici encore il faut supposer que l'ensemble des éléments n_1, $n_2 = e(n_1)$, ..., provenant d'un premier n quelconque est fini.

2° U'_2 est l'univers des *permutations quelconques* de (N); (C'_2) est l'ensemble des *permutations clivées*; l'élément fondamental de (C'_2) est la *permutation-unité* ; le *caractère statique* (γ'_2) d'une permutation de P de (C'_2) est d'être *décomposable* (opération Δ_2) *en une somme de permutations* P_{k_1}. Le *caractère antirécurrent* de la définition de (C'_2) est que *chaque permutation* P_{k_1} est *soit la permutation-unité, soit une somme de permutations* P_{k_1, k_2}, *dont chacune est soit la permutation-unité, soit une somme de permutations* P_{k_1,k_2,k_3}, etc.

On a la classe des permutations spéciales en supposant P bien ordonnée ou toute chaîne P_{k_1}, P_{k_1,k_2}, P_{k_1,k_2,k_3}, ..., s'arrêtant d'elle-même.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les champs créés par le proton et par le neutron.* Note de M. **Louis de Broglie.**

Dans des Notes récentes [1] nous avons proposé une conception nouvelle de l'interaction entre les particules élémentaires et les champs photoniques et mésoniques. Nous allons essayer de montrer comment on peut tenter d'utiliser

[1] *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 157, 269 et 401.

ces conceptions pour faire progresser la théorie des champs nucléaires. Naturellement les considérations qui suivent ne constituent que des indications sur la voie à suivre éventuellement et n'ont nullement la prétention d'être des résultats définitifs.

e désignant la charge électrique positive ($4,8.10^{-10}$ u. e. s.), le potentiel électrostatique du proton doit, selon nos conceptions, être de la forme

$$(1) \qquad V_{el} = e\frac{e^{-\gamma r} - e^{-k_0 r}}{r},$$

la constante γ, proportionnelle à la masse propre du photon, étant nulle ou extraordinairement petite. On peut admettre que le potentiel de l'électron doit s'obtenir en changeant e en $-e$ dans (1). Si l'on admet cette hypothèse, elle conduit à prévoir que la constante k_0 correspond à une longueur $1/k_0$ de l'ordre du rayon de l'électron (10^{-13} cm environ), donc à une masse de l'ordre de celle des mésons du rayonnement cosmique.

Mais le proton doit avoir aussi un champ nucléaire que nous supposerons dériver du potentiel suivant

$$(2) \qquad V_{nucl} = g\frac{e^{-k_0 r} - e^{-K_0 r}}{r}.$$

Nous admettons que la constante k_0 a la même valeur dans (2) que dans (1) et nous sommes amenés à penser que la constante K_0 est beaucoup plus grande que celle des mésons cosmiques.

Comme dans notre théorie, il y a une sorte de fusion entre les champs photoniques et mésoniques, il semble logique d'attribuer au proton le potentiel global

$$(3) \qquad V_P = V_{el} + V_{nucl} = \frac{e\,e^{-\gamma r} + (g-e)\,e^{-k_0 r} - g\,e^{-K_0 r}}{r}.$$

Pour le neutron, nous adopterons l'expression qui dérive de la précédente quand on annule la charge électrique e et nous poserons

$$(4) \qquad V_N = g\frac{e^{-k_0 r} - e^{-K_0 r}}{r}.$$

L'énergie d'interaction entre deux neutrons situés à la distance R l'un de l'autre est égale d'après notre théorie à

$$(5) \qquad V_{NN}(R) = \int g\frac{e^{-k_0 r} - e^{-K_0 r}}{r}\left(g\frac{K_0^2}{4\pi}\frac{e^{-K_0\rho}}{\rho} - g\frac{k_0^2}{4\pi}\frac{e^{-k_0\rho}}{\rho}\right)d\tau,$$

où r et ρ sont les distances de l'élément $d\tau$ à l'un et à l'autre des neutrons. Un calcul simple donne

$$(6) \qquad V_{NN}(R) = g^2\frac{K_0^2 + k_0^2}{K_0^2 - k_0^2}\,\frac{e^{-k_0 R} - e^{-K_0 R}}{R} - \frac{g^2}{2}(K_0\,e^{-K_0 R} + k_0\,e^{-k_0 R}).$$

L'interaction entre proton et neutron est donnée de même par l'une des deux

expressions équivalentes

$$(7)\quad V_{PN}(R)=\int \frac{e\,e^{-\gamma r}+(g-e)\,e^{-k_0 r}-g\,e^{-K_0 r}}{r}\left(g\frac{K_0^2}{4\pi}\frac{e^{-K_0\rho}}{\rho}-g\frac{k_0^2}{4\pi}\frac{e^{-k_0\rho}}{\rho}\right)d\tau$$

$$=\int g\frac{e^{-k_0 r}-e^{-K_0 r}}{r}\left(g\frac{K_0^2}{4\pi}\frac{e^{-K_0\rho}}{\rho}-(g-e)\frac{k_0^2}{4\pi}\frac{e^{-k_0\rho}}{\rho}\right)d\tau$$

et l'on trouve ($\gamma \simeq 0$)

$$(8)\quad V_{PN}(R)=V_{NN}(R)-eg\frac{k_0^2}{K_0^2+k_0^2}\,\frac{e^{-k_0 R}-e^{-K_0 R}}{R}+\frac{eg}{2}k_0 e^{-k_0 R}.$$

On voit que, les termes en $e^{-\gamma r}/r$ ayant disparu, il n'y a pas d'interaction électrostatique entre proton et neutron. Ce fait est physiquement évident, mais, en raison du mélange établi par notre théorie entre les actions photoniques et mésoniques, il fallait ici le vérifier.

Par des calculs analogues, on obtient encore

$$(9)\quad V_{PP}(R)=V_{NN}(R)+e^2\left[\frac{e^{-\gamma R}-e^{-k_0 R}}{R}-\frac{k_0}{2}e^{-k_0 R}\right]$$

$$-2\,eg\frac{k_0^2}{K_0^2-k_0^2}\,\frac{e^{-k_0 R}-e^{-K_0 R}}{R}+gek_0 e^{-k_0 R}$$

comme expression de l'énergie d'interaction entre deux protons à la distance R. Le second terme du second membre correspond à l'énergie électrostatique. On voit que, même abstraction faite de ce terme, les énergies V_{NN}, V_{NP} et V_{PP} diffèrent. Il y aurait lieu d'examiner si ces différences sont compatibles avec les résultats expérimentaux sur l'indépendance des énergies de liaison nucléaire par rapport à la charge électrique des nucléons.

Calculons maintenant les énergies propres du proton et du neutron par les formules

$$(10)\quad M_N c^2=\frac{1}{2}\lim_{R\to 0} V_{NN}(R),\qquad M_P c^2=\frac{1}{2}\lim_{R\to 0} V_{PP}(R).$$

On trouve

$$(11)\quad M_N c^2=\frac{g^2}{4}\,\frac{(K_0-k_0)^2}{K_0+k_0},\qquad M_P c^2=M_N c^2+\frac{e^2}{4}k_0+\frac{eg}{2}k_0\frac{K_0-k_0}{K_0+k_0}.$$

Le facteur $(e^2/4)k_0$ est, avec nos hypothèses, égal à m_0c^2, m_0 étant la masse propre de l'électron. Ceci nous fournit pour la masse propre du méson k_0 la valeur $4\times 137\,m_0$, soit $548m_0$. Or d'après l'expérience on a

$$(12)\quad M_N c^2-M_P c^2\simeq 2,6\,m_0c^2=2,6\frac{e^2}{4}k_0,\qquad M_N c^2\simeq 1840\,m_0c^2=1840\frac{e^2}{4}k_0.$$

La première équation donne (puisque $k_0 \ll K_0$) la valeur de g

$$(13)\quad g=-1,8e.$$

qui paraît très acceptable. La deuxième équation (12) donne alors pour la masse propre du méson K_0 la valeur très élevée $[548/(1,8)^2]1840m_0=169\,M_P$.

Nous nous bornons à donner sous toutes réserves ces valeurs numériques en rappelant qu'il s'agit ici de calculs assez grossiers susceptibles seulement de donner une esquisse de l'application possible de nos conceptions nouvelles à la théorie du champ nucléaire.

M. **Harlow Shapley** adresse à l'Académie un fascicule intitulé : *One hundred and third annual Report of the Director of the astronomical Observatory of Harvard College for the year ending september* 30, 1948.

M. **Selman Waksman** fait hommage d'une série de fascicules relatifs à ses travaux de microbiologie.

DÉSIGNATIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à la désignation d'un candidat au poste d'Assistant vacant à l'*Institut océanographique de Nhatrang*.

M. **Igor Marche-Marchad**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, sera présenté à M. le Ministre de la France d'Outre-Mer.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Pierre Jolibois** est réélu Membre du Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique.

M. **Gaston Julia** est désigné pour représenter l'Académie au millième meeting qui sera tenu à New Haven, le 4 novembre 1949, par la *Connecticut Academy of Arts and Sciences*, pour commémorer le cent-cinquantième anniversaire de sa fondation.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Endogenous endocrinotherapy including the causal cure of cancer*, by Jules Samuels. *Seventh Circular*.

2° Seventh Pacific Science Congress : *Final Report*, in New Zealand science review.

3° Instituto geofisico de los Andes Colombianos : Serie C, Geologia, julio-agosto 1949, *Boletin* n° 1.

4° The Institute of electrical Engineers of Japan : *Electrotechnical Papers*, vol. I, n° 1.

5° *Publications of the Astronomical Society of Japan*, vol. I, nos 1-2.

6° Instituto de pesquisas tecnólogicas. Sao Paulo : *Legislação metrológica*.

— *Regulamentação referente às Medições Medicas e Instrumentos de Medir Comerciais.*

7° Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti. Celebrazione centenaria del 1848-49 : *La capitolazione di Venezia del 22 marzo 1848*, a cura di Roberto Cessi.

8° L. S. Berg. *Découverte du Kamtchatka et expédition de Béring*, 1725-1742 (en langue russe).

9° Eugène Nicanorovitch Pavlovski. *Manuel de parasitologie humaine*. Tome II (en langue russe).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Nouvelles généralisations de l'intégrale de Stieltjes.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. Soient $x(t)$ et $y(t)$ deux fonctions continues. L'intégrale *classique* de Stieltjes-Young

$$I = \int_0^T y(t)\,dx(t) \tag{1}$$

est par définition la limite de la somme

$$s_n = \sum_1^n \frac{y(t_{\nu-1}) + y(t_\nu)}{2}[x(t_\nu) - x(t_{\nu-1})], \tag{2}$$

sous les conditions

$$t_0 < t_1 < t_2 < \ldots < t_n = T, \tag{3}$$

$$m = \max_\nu (t_\nu - t_{\nu-1}) \to 0, \tag{4}$$

t_ν étant une abréviation pour $t_{n,\nu}$. Si $t_1, \ldots, t_{n-1}$ sont remplacés par les coordonnées d'un point choisi au hasard dans le volume (3), s_n devient une variable aléatoire S_n, et, même si les conditions (3) et (4) ne suffisent pas pour que s_n ait une limite, S_n peut avoir une limite (en mesure, ou en moyenne quadratique, ou presque sûrement), que j'ai appelée dans des travaux antérieurs l'*intégrale stochastique*. L'intérêt de cette notion étant de généraliser la définition classique, je voudrais faire remarquer qu'on la généralise plus encore en n'exigeant que l'existence de la limite, ou même celle d'une limite généralisée, de la valeur probable $\mu_n = E\{S_n\}$ (pour n infini). Cela revient à dire qu'on peut négliger les *oscillations stochastiques* de S_n, c'est-à-dire celles de $S_n - \mu_n$. Comme μ_n est la moyenne de s_n dans le volume (3), on a ainsi, pour l'*intégrale de Stieltjes généralisée*, une définition indépendante du Calcul des probabilités [1].

---

[1] Dans l'application de ces notions à l'intégration ordinaire de fonctions non bornées, il ne semble pas exclu qu'une définition stochastique, impliquant au moins que S_n diffère en mesure infiniment peu d'une fonction de n ayant une limite généralisée, s'applique dans certains cas où notre nouvelle définition ne s'applique pas.

On peut aussi choisir au hasard entre t_0 et T (ou entre t_0 et $t_0+\varepsilon$) un seul nombre aléatoire τ, et prendre pour $t_1, t_2, \ldots, t_{n-1}$ tous les nombres $\equiv \tau$ (mod ε) et compris entre t_0 et T. Dans ces nouvelles conditions, S_n a une valeur probable $\varphi(\varepsilon)$ dont on cherchera la limite ou la limite généralisée (pour $\varepsilon \to 0$). Cette définition est d'ailleurs liée à la précédente. La limite de μ_n, si elle existe, est pour $\varphi(\varepsilon)$ au moins une limite généralisée.

2. Les notions précédentes peuvent s'étendre à l'intégrale double

$$\mathrm{J} = \iint_{\mathcal{R}} z\,dx\,dy, \tag{5}$$

où x, y, z sont des fonctions continues de u et v, et où $\mathcal{R}$ est une aire du plan des uv. On divisera par exemple $\mathcal{R}$, par des parallèles aux axes, en aires élémentaires ρ_ν, à chacune desquelles correspondra, sur la surface Ω lieu du point x, y, z, une portion ω_ν. Si ρ_ν est un rectangle ou un trapèze curviligne de sommets a, b, c, d, on prendra pour approximation de ω_ν la portion ω'_ν limitée au quadrilatère ABCD du paraboloïde hyperbolique contenant les côtés de ce quadrilatère (A, B, C, D étant les points de Ω qui correspondent à a, b, c, d; on ne changerait rien en remplaçant ω'_ν par n'importe quelle autre surface limitée au même quadrilatère et divisant le tétraèdre ABCD en deux volumes équivalents). Si ρ_ν est un triangle curviligne, on sera conduit de même à prendre pour ω'_ν l'aire d'un triangle. Ω est ainsi remplacé par une surface Ω' réunion des ω'_ν, et l'intégrale à définir J est remplacée par une intégrale auxiliaire J' qui est à J ce qu'au n° 1 la somme s_n était à I. Il n'y a alors aucune difficulté à définir, en opérant comme au n° 1, l'*intégrale stochastique double* et l'*intégrale double de Stieltjes généralisée*, analogue à ce qu'était au n° 1 la limite, généralisée ou non, de μ_n.

La définition de I comme limite, généralisée ou non, de $\varphi(\varepsilon)$, peut aussi s'étendre, et même de deux manières différentes, au cas des intégrales doubles. On peut en effet considérer, pour diviser l'aire $\mathcal{R}$ en régions ρ_n, soit un réseau carré (ou rectangulaire), soit un réseau de triangles équilatéraux, les longueurs des côtés étant connues, et un des sommets coïncidant avec un point choisi au hasard dans $\mathcal{R}$.

D'autres variantes de ces définitions s'obtiennent en faisant tourner l'axe des u, dans le plan des uv, d'un angle θ, et en remplaçant les quantités dont on a à chercher la limite par leurs moyennes (par rapport à θ). Il se peut qu'on augmente ainsi le champ d'application de ces définitions; on leur donne en tout cas évidemment un caractère d'isotropie qui peut être utile.

Nous nous proposons de développer, pour un autre Recueil, certaines applications de ces notions, et notamment d'étudier le cas des fonctions vérifiant des conditions de Lipschitz-Hölder. Signalons seulement ici qu'elles s'appliquent aisément au cas où x, y, z sont trois déterminations indépendantes de la fonction $X(u, v)$ du mouvement brownien à deux paramètres. Il est alors

presque sûr que l'intégrale (5), qui n'existe pas au sens classique, a un sens comme intégrale stochastique double ou comme intégrale double de Stieltjes généralisée. Cela généralise un théorème sur le mouvement brownien plan que nous avons établi en 1939 (2).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la mécanique ondulatoire du corps solide rigide.* Note de Mme **André Goudot**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Nous reprenons la définition donnée par Mlle Viard (1) du corps solide rigide en mécanique ondulatoire : Un système de corpuscules est dit former un corps solide rigide lorsque par rapport à un système de référence lié au système, les coordonnées relatives des différents corpuscules du système sont des constantes. Nous nous proposons, en particulier, d'étudier le cas du corps solide rigide ayant un point fixe, qui présente une importance particulière dans certains problèmes chimiques ou biologiques où une molécule (ou un groupe de molécules) adsorbée peut, au moins en première approximation, être considérée comme un solide rigide ayant un point fixe.

2. Désignons par des majuscules, les coordonnées et généralement toutes les quantités relatives au repère fondamental, et par des minuscules les mêmes grandeurs prises par rapport au repère lié au corps solide. Le trièdre en mouvement quantique étant ici holonome, les résultats du calcul vectoriel gauche se simplifient; si de plus l'on tient compte du fait que le système considéré forme un solide rigide ($x_i = \text{const.}$); on a, en employant les notations de Mlle Viard, pour la force vive absolue du système

$$2\,T_a = \sum_{S} m_s \mathop{\mathrm{S}}_{uv} (x_s \omega^u_{di} + y_s \omega^u_{dj} + z_s \omega^u_{dk})(\omega^u_{gi} x_s + \omega^u_{gj} y_s + \omega^u_{gk} z_s).$$

Si l'on prend comme paramètres fixant la position du système, les angles d'Euler du repère en mouvement quantique par rapport au repère fondamental ψ, θ, φ, les ω_d et ω_g s'expriment, après un calcul assez long, au moyen des trois angles d'Euler et de leurs dérivées opératorielles; on a

$$\begin{aligned}
\omega^1_{d1} &= -\cos\varphi\psi' \sin\varphi \cos\theta + \sin\varphi \cos\theta\psi' \cos\varphi,\\
\omega^2_{d2} &= \sin\varphi\psi' \cos\theta \cos\varphi - \cos\varphi \cos\theta\psi' \sin\varphi,\\
\omega^3_{d3} &= 0,\\
\omega^2_{d1} &= -\omega^1_{d2} = -\varphi' + \cos\varphi\psi' \cos\varphi \cos\theta + \sin\varphi \cos\theta\psi' \sin\varphi,\\
\omega^1_{d3} &= -\omega^3_{d1} = -\sin\varphi\theta' - \cos\varphi\psi' \sin\theta,\\
\omega^3_{d2} &= -\omega^2_{d3} = \cos\varphi\theta' - \sin\varphi\psi' \sin\theta.
\end{aligned}$$

(2) P. Lévy, *Le mouvement brownien plan* (*Amer. Journ. of Math.*, 62, 1940, p. 487-550). *Voir* aussi *Processus stochastiques et mouvement brownien*, Paris, 1948.

(1) *Thèse de Doctorat*, Paris, 1947.

Les ω_g se déduisent immédiatement de ces formules si l'on tient compte de la relation $\omega'^{j}_{di} = -\omega'^{i}_{dj}$ (conséquence de l'orthonormalité des axes).

La force vive du corps solide rigide se présente alors comme une fonction des ψ, θ, φ et de leurs dérivées.

3. Dans le problème de Lagrange classique (corps solide mobile autour d'un point fixe, soumis seulement à l'action de la pesanteur et présentant une symétrie de révolution), on a les trois intégrales premières suivantes [2] : 1° intégrale des forces vives; 2° composante du moment cinétique absolu suivant l'axe OZ du repère fixe; 3° composante sur l'axe mobile Oz de la rotation instantanée. Dans le problème de Lagrange en Mécanique ondulatoire le système étant conservatif, l'intégrale première d'énergie se maintient; si, d'autre part, l'on se reporte à deux théorèmes établis par M. R. Faure [3] sur la conservation en Mécanique ondulatoire des intégrales premières du premier et du second ordre du problème classique correspondant, les intégrales premières 2° et 3° nous fournissent encore deux intégrales premières du problème quantique.

Le problème de Poinsot se présente exactement de la même façon, les intégrales premières d'énergie et de longueur du moment cinétique se maintenant et étant simultanément utilisables et l'expression du carré du moment cinétique étant fournie par

$$\sigma^2 = \varpi_\theta^2 + i\hbar \operatorname{cotg}\psi\varpi_\theta + \frac{1}{\sin^2\theta}(\varpi_\varphi^2 - 2\cos\theta\varpi_\varphi\varpi_\psi + \varpi_\psi^2),$$

opérateur dont Sommerfeld a déterminé les fonctions propres et les valeurs propres.

4. Les dérivées secondes des vecteurs de base d'un trièdre quantique (holonome ou non) en mouvement de rotation par rapport au repère fondamental, s'expriment au moyen de leurs composantes sur le repère quantique par

$$\vec{e}''_i = \sum_{jk} (\omega'^{j}_{di} + \omega^{k}_{di} + \omega_{dk}) \vec{e}_j.$$

La connaissance des $\vec{e}''_i$ permet de mettre l'énergie d'accélération absolue S_a d'un corps solide rigide en mouvement autour d'un point fixe, sous une forme donnant immédiatement S_a à partir des expressions établies ci-dessus pour les ω_d et ω_g.

On obtient en effet pour le double de l'énergie d'accélération

$$2S_a = \sum_{\substack{i=1\dots n \\ jk\nu\alpha\beta=1,2,3}} (x_{\alpha i}\omega'^{j}_{d\alpha}\omega'^{j}_{g\beta}x_{\beta i} + x_{\alpha i}\omega^{k}_{d\alpha}\omega^{j}_{dk}\omega'^{j}_{g\beta}x_{\beta i} + x_{\alpha i}\omega'^{j}_{d\alpha}\omega^{\nu}_{g\beta}\omega^{j}_{g\nu}x_{\beta i} + x_{\alpha i}\omega^{k}_{d\alpha}\omega^{j}_{dk}\omega^{\nu}_{g\beta}\omega_{gi}x_{\beta i}).$$

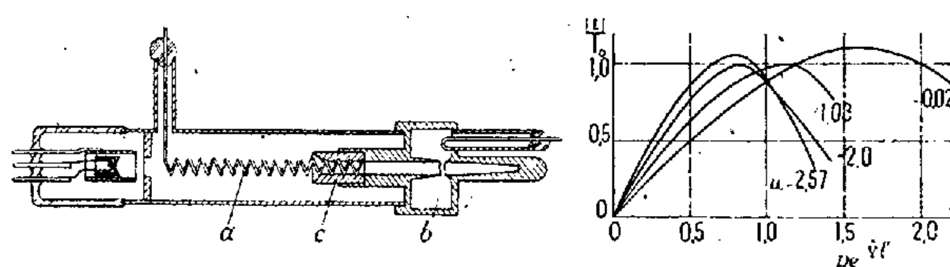
---

(2) *Voir*, par exemple, G. BOULIGAND, *Précis de Mécanique rationnelle.*

(3) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 797-798.

ÉLECTRONIQUE. — *Groupement électronique dans un tube à modulation de vitesse au moyen d'un organe* à ondes progressives. Note (*) de MM. **Robert Warnecke**, **Werner Kleen**, **Oskar Dœhler** et **Harry Huber**, présentée par M. Camille Gutton.

Le rendement des amplificateurs à propagation d'onde du type Kompfner-Pierce est d'un ordre de grandeur égal au rapport de la partie réelle à la partie imaginaire de la constante de propagation de l'onde amplifiée; c'est-à-dire que seule l'énergie correspondant à un petit excédent de la vitesse des électrons par rapport à celle de l'onde progressive peut être convertie en énergie électromagnétique H. F. On peut obtenir une meilleure efficacité d'échange d'énergie en constituant un système (*fig.* 1), dans lequel le faisceau électronique, modulé



dans sa densité et sa vitesse par l'intermédiaire d'une onde appliquée à l'entrée d'un système à retard : *a.* est injecté dans un résonateur électromagnétique; *b.* dans le champ duquel les paquets d'électrons cèdent une grande partie de leur énergie cinétique ([1]). L'énergie H. F. transportée par l'onde progressive amplifiée à l'extrémité de sortie du système à retard est soit absorbée par un élément d'atténuation adapté; *c.* soit ajoutée par un système déphaseur (non représenté) à celle qui apparaît dans le résonateur. Ce dispositif peut alors être considéré comme un perfectionnement du tube à onde progressive ordinaire, ou bien du tube à modulation de vitesse à deux champs d'interaction.

Dans l'hypothèse du rassemblement cinématique et d'une perte nulle des électrons par captation directe des éléments à potentiel positif, on peut représenter la modulation de densité à la sortie du système à retard figuré par l'expression

$$\frac{i}{I_0} = p\left(\vec{A} + p^2\vec{B}e^{2\bar{\gamma}l} + p^4\vec{C}e^{4\bar{\gamma}l} + \ldots\right)e^{\Gamma l + j\omega t} + p^2\vec{D}\,e^{2(\Gamma l + j\omega t)} + p^3\vec{E}\,e^{3(\Gamma l + j\omega t)} + \ldots,$$

où

$$p = \frac{E_e}{2\dfrac{\omega}{v_0}V_0}\left(\frac{\omega}{v_0\gamma_0}\right)^2, \qquad v_0 = \sqrt{\frac{2e}{m}V_0},$$

(*) Séance du 19 septembre 1949.

([1]) Ce principe et les moyens techniques de sa mise en œuvre ont été indiqués dans la demande de brevet français n° 533328 du 21 avril 1947.

i et I_0 étant respectivement les intensités du courant alternatif et du courant continu transportés par le faisceau électronique, E_e, l'intensité du champ électrique à l'entrée du système à retard, v_0, la vitesse continue des électrons, $\Gamma = \bar{\gamma} - j\bar{k}$, la constante de propagation de l'onde amplifiée, $\bar{\gamma}_0$, la valeur maximum de la partie réelle de celle-ci dans le même système à retard non muni d'atténuation, et ω, la pulsation de l'onde d'excitation.

En employant une méthode d'approximations successives ([2]), on trouve en se limitant aux premiers termes non linéaires

$$\frac{i}{I_0} = p\sqrt{\left\{\mathcal{R}e\left(\vec{A} + p^2 \vec{B} e^{2\bar{\gamma}l}\right)\right\}^2 + \left\{\mathcal{I}_m\left(\vec{A} + p^2 \vec{B} e^{2\bar{\gamma}l}\right)\right\}^2}\, e^{\Gamma l + j(\omega t + \varphi)}.$$

La figure 2 représentant $|i|/I_0$ pour différentes valeurs du facteur

$$u = \left(1 - \frac{v_0}{v_1}\right) \frac{\omega}{v_0 \bar{\gamma}_0}$$

(v_1 étant la vitesse de propagation de l'onde en l'absence du faisceau électronique) montre que la profondeur de la modulation de densité utilisable dans le circuit de sortie du système figuré peut atteindre des valeurs de l'ordre de l'unité. La valeur maximum de cette profondeur de modulation ne dépend pratiquement ni de l'atténuation de la ligne à retard, ni du facteur u, ceux-ci n'intervenant que dans la puissance H. F. d'excitation nécessaire.

Le groupement électronique ainsi mis en évidence peut encore être amélioré par une disposition convenable ([3]) tirant parti de ce que le faisceau à la sortie du système à retard est modulé non seulement dans sa densité mais aussi dans sa vitesse. Avec les hypothèses précédentes, le calcul montre que le rapport $|i|/I_0$ peut alors atteindre des valeurs de l'ordre de 1,2 à 1,4.

Le principe exposé permet donc d'obtenir des facteurs de groupement et des rendements de conversion aussi élevés que dans les tubes à modulation de vitesse ([4]). Il possède l'avantage de ne pas nécessiter un organe accordé à l'entrée, ayant les propriétés d'un circuit oscillant, ce qui amène une simplification essentielle du réglage et évite la limite de bande passante qu'entraîne, dans les klystrons amplificateurs, la haute surtension dudit organe. En fait, dans l'amplificateur représenté, la bande passante est celle de la cavité de sortie, laquelle bande est *élargie* par la charge d'utilisation.

([2]) O. DOEHLER et W. KLEEN, *Ann. de Radioélect.*, 3, avril 1948, p. 124.

([3]) Demande de brevet français n° 575.343 du 12 juillet 1949.

([4]) P. GUÉNARD, R. WARNECKE et C. FAUVE, *Ann. de Radioélect.*, 3, octobre 1948, p. 302.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le rayonnement électronique du protactinium.* Note (*) de M. **Jean Teillac**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le rayonnement du protactinium est constitué principalement par des rayons α dont le parcours récemment mesuré par MM. Bachelet et G. Bouissières [1] a été trouvé, dans l'air, égal à $3^{cm},52$. Ces auteurs ont également émis l'hypothèse d'une structure fine qui a été confirmée par des expériences ultérieures [2], [3]. En plus de ce rayonnement α L. Meitner [4] lui attribue un rayonnement γ, déduit des raies de conversion obtenues dans un spectrographe du type semi-circulaire : 3 raies γ ont été observées respectivement de 95, 234 et 323 keV.

Nous avons examiné le rayonnement électronique au moyen de l'appareil Wilson à pression variable du laboratoire [5]. Le dispositif expérimental est le même que celui que nous avions employé pour l'ionium [6]. Les sources utilisées ont été préparées par M. Bouissières : une goutte d'une solution de fluorure était déposée sur une lame d'argent de $0^{mm},03$ d'épaisseur, puis évaporée. L'intensité de la source, d'environ $0^{\mu},02$ curie, était telle qu'on obtenait environ 3 rayons α par détente. Nous nous sommes servis de deux sources, dont l'une a été obtenue à partir d'une solution purifiée en dérivés depuis un mois, et l'autre immédiatement après sa purification; les résultats sont identiques.

Nous avons examiné 912 rayons α qui ont été attribués au Pa; au cours de ces désintégrations 228 trajectoires d'électrons ont été observées. 10 de ces trajectoires ont un aspect rectiligne et sont peu ionisantes, correspondant vraisemblablement à une énergie supérieure à 100 keV. La figure 1 donne la répartition énergétique du reste des électrons; en abscisse, nous avons porté le parcours réel de ceux-ci dans l'air à pression normale.

On remarque trois groupes d'électrons ayant une énergie d'environ 24-36 et 46 keV et dont les intensités sont respectivement de 12-7,5 et 3 électrons pour 100 désintégrations α. A ceux-ci s'ajoutent quelques électrons d'énergie plus grande mais dont le parcours est encore nettement mesurable et de l'ordre de 7^{cm} (soit environ 70 keV) dont l'intensité est approximativement de 2 % désintégrations. Nous interprétons ces raies comme étant dues à la conversion interne de rayonnements γ. Notamment, il est vraisemblable que le dernier

(*) Séance du 26 septembre 1949.

(1) *J. de Phys. et le Radium*, 7, 1946, p. 151.

(2) S. T. Tsien, M. Bachelet et G. Bouissières, *J. de Phys. et le Radium*, 7, 1946, p. 167.

(3) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 171.

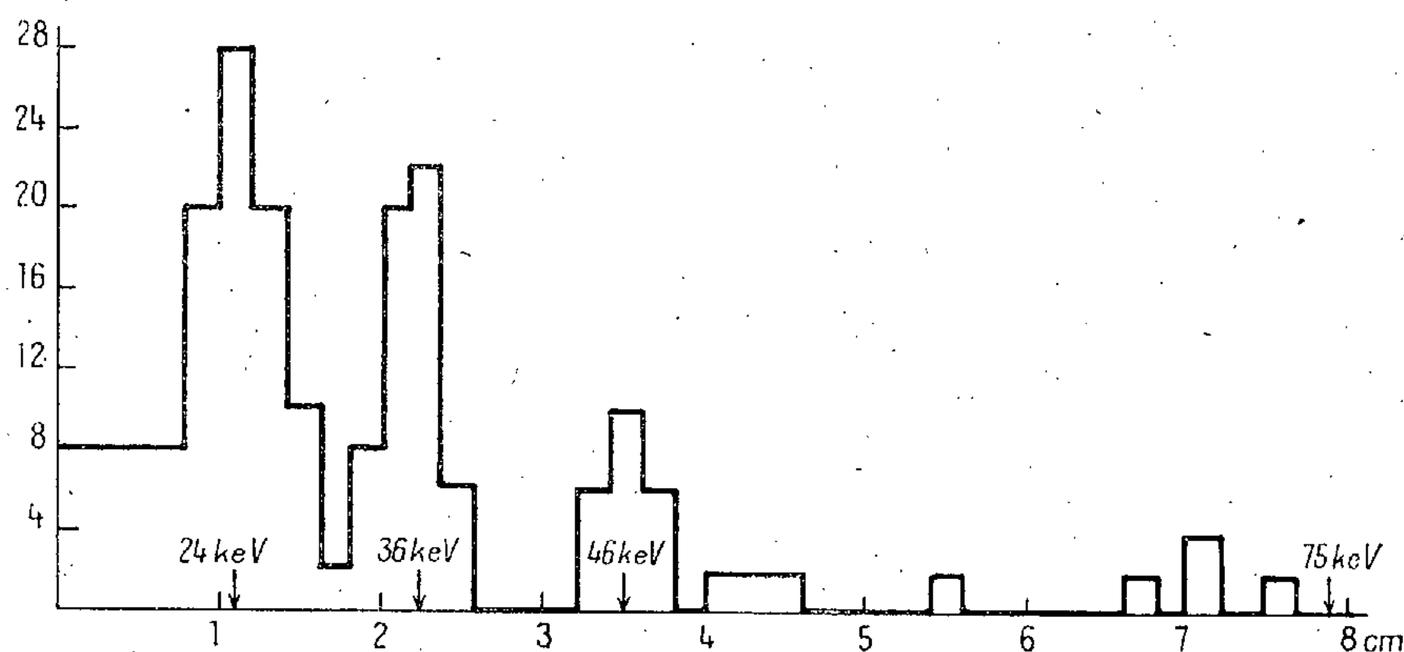
(4) *Zeits. F. Physik*, 50, 1928, p. 15.

(5) F. Joliot, *J. de Phys. et le Radium*, 5, 1934, p. 216.

(6) J. Teillac, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1227.

groupe d'électrons dont l'énergie est d'environ 70 keV correspond à la conversion interne dans la couche L_1 du rayonnement γ de 95 keV signalé par L. Meitner ([4]). (Pour $Z = 89$ le travail d'extraction de la couche L_1 est en effet de 19,85 keV.)

Remarquons, de plus, que la structure fine ([3]) est en accord avec ce résultat puisqu'il existe une raie intense α_4 dont l'énergie est à 99 keV de α_1.



Aucun rayonnement γ actuellement connu ne correspond aux autres groupes. L'hypothèse de rayons γ convertis dans la couche K correspondant à ces groupes paraît exclue, les électrons de conversion dans la couche L_1 n'étant pas nettement visibles. De plus L. Meitner ([4]) ne signale aucune raie électronique entre 93,9 keV et 189,6 keV, région dans laquelle devrait apparaître les raies de conversion dans la couche L_1 de ces rayonnements hypothétiques. Remarquons que leur intensité serait supérieure ou tout au moins comparable à celle de la raie correspondant aux γ de 95 keV.

Il semble logique d'interpréter ces raies comme étant dues à la conversion de rayons γ dans la couche L_1; leur énergie étant respectivement d'environ 44, 56 et 66 keV.

Les résultats relatifs à la structure fine obtenus par S. Rosenblum et E. Cotton ([3]) donnent si l'on s'en tient aux groupes principaux :

Raies.	Énergie (keV).	ΔE (keV).
α_0	5 131	0
α_3	5 069	62
α_4	5 032	99

On peut rapprocher le rayonnement de 66 keV de la différence $\alpha_0 - \alpha_3$. D'autre part, il est possible que le rayonnement que nous supposons avoir une énergie de 44 keV soit celui d'une transition $\alpha_4 - \alpha_3$ si l'on tient compte de la précision relative de nos expériences et du fait que α_0 n'est déterminée, par la structure fine, qu'à 5 keV près.

SPECTROCHIMIE. — *Étude de la répartition des éléments entre les phases d'un alliage. Influence de la cémentite sur les intensités relatives des raies du fer.* Note (*) de M. **Henri Triché**, présentée par M. Paul Pascal.

En attaquant la surface polie d'un alliage, on fait apparaître en relief une phase que l'on analyse par voie spectrographique en utilisant comme source une étincelle de Tesla. Poursuivant l'application de cette méthode à divers problèmes métallographiques, j'ai indiqué deux causes d'erreur : l'hétérogénéité des solutions solides et la reprécipitation d'un métal noble sur la phase non attaquée ([1]). Tandis que l'étude de la répartition des impuretés entre les deux phases α, β d'un laiton ordinaire ne présente pas de difficultés autres que celles déjà signalées, celle de la répartition des éléments spéciaux dans une fonte blanche ([2]) fait apparaître une nouvelle cause perturbatrice. Le constituant en relief est la cémentite; le spectre du fer de la surface attaquée, déplacée pendant la pose, présente un renforcement intense de la plupart des raies d'arc lorsqu'on le compare à celui de la surface polie. Quelques expériences ont été faites pour préciser la cause de cette anomalie.

1° Le spectre de l'étincelle entre une électrode de graphite et une électrode de fer pur est simplement la superposition des spectres du carbone et du fer. L'étincelle est formée de deux zones brillantes reliées par une partie moins intense; l'une n'émet que les raies du fer, l'autre les raies du carbone et les bandes du cyanogène; la zone médiane émet faiblement les mêmes raies et bandes que la zone proche du carbone. L'arrachement et l'émission du fer sont donc indépendants du carbone.

2° Si l'on recouvre une tôle de fer de noir de fumée, le spectre du fer n'est que faiblement modifié. Les particules de carbone entraînées dans l'étincelle ne sont pas mélangées aux atomes de fer; l'étincelle est parsemée de points brillants où se produit l'émission du carbone, en outre l'arrachement du fer ne dépend pas du carbone qui le recouvre.

3° Les fontes grises se comportent comme les fontes blanches, principalement lorsqu'elles renferment du graphite de recuit. Le mode de liaison entre le fer et le carbone ne joue donc pas un rôle direct dans la modification des intensités relatives. La cémentite donne le même spectre que la ferrite et le graphite provenant de sa décomposition. On peut donc supposer que les particules de cémentite arrachées par l'étincelle sont décomposées en fer et en carbone à l'état divisé; il y a donc interaction entre la source et l'alliage, puis émission proprement dite.

(*) Séance du 11 juillet 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 52-54.

([2]) Fontes n^os **24**, **25**, **27**, **28**, étudiées par Ballay et Chavy. Les fontes blanches spéciales. Centre d'information du nickel.

4° On fait éclater l'étincelle en un même point de la fonte blanche attaquée. L'aspect de la décharge change progressivement, elle devient moins lumineuse; la modification du spectre s'atténue à mesure que l'étincelle jaillit et que la cémentite est éliminée.

D'autre part la décomposition thermique de la cémentite explique une observation de Garton ([3]) sur les aciers : la plus forte émission du carbone se produit dans les cinq premières secondes du passage de l'étincelle condensée. On peut supposer que l'étincelle produit un échauffement superficiel qui décompose la cémentite, d'où arrachement plus facile du fer et du carbone divisés et par suite appauvrissement de la surface en cémentite, constituant le plus riche en carbone.

En résumé l'étude de la répartition des éléments dans un alliage peut être rendue difficile par suite d'une interaction de la source sur un constituant. Pour les alliages fer-carbone le renforcement de la plupart des raies d'arc du fer est en relation avec une action thermique de la source sur la cémentite. Ce phénomène contribue en partie à la *fatigue* de l'étincelle.

Un mémoire paraîtra au XII[e] Congrès du Groupement pour l'avancement des méthodes spectrographiques.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur les transitions électroniques de l'acénaphtylène, du fluoranthène et du dinaphtylène.* Note (*) de M. **Camille Sándorfy**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons évalué les diagrammes moléculaires orbitaux de ces trois corps contenant chacun un noyau à cinq chaînons ([1]).

En observant la répartition des charges dans les différentes orbitales moléculaires, on s'aperçoit que pour chacun des trois corps, il y a des orbitales où toute une partie des molécules (même dans le dinaphtylène) est entièrement dépourvue d'électrons π et aussi parmi les orbitales appartenant à des états excités.

Or, si l'on réussit à trouver une raie spectrale dont la longueur d'onde correspond à une transition entre deux tels états, ceci permettrait la localisation de cette transition dans le naphtalène auquel appartiennent lesdits sommets. Une transition dont l'état initial serait tel permettrait une semi-localisation.

Les tableaux I, II et III montrent la répartition des charges dans les orbitales occupées, pour le benzène, le naphtalène ([2]) et pour le fluoranthène. Le manque

([3]) *Spectrochimica Acta*, 3, n° 1, p. 68.

(*) Séance du 26 septembre 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 198.

([2]) C.-A. Coulson et H.-C. Longuet-Higgins, *Rev. Scient.*, 85, 1947, p. 929.

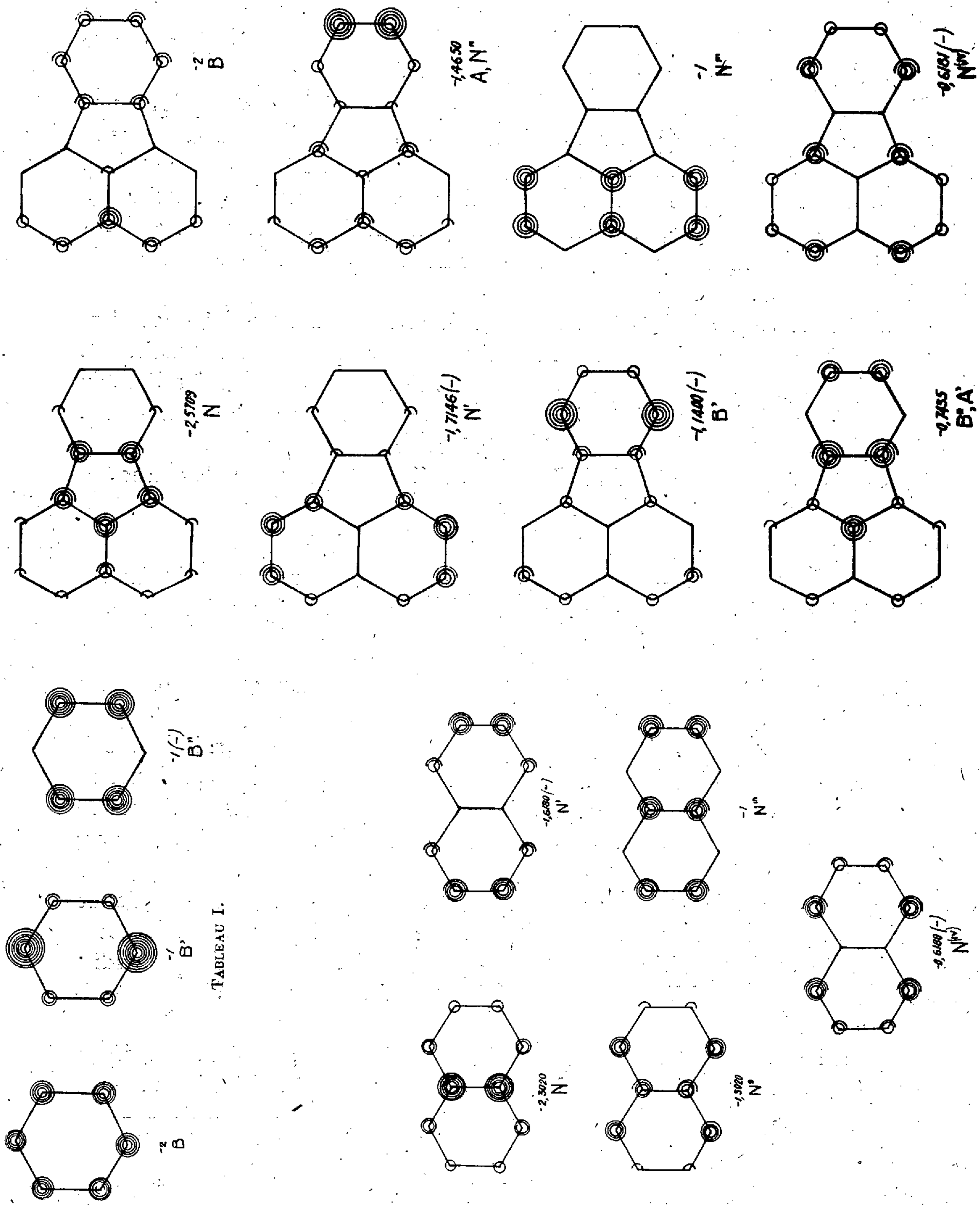


Tableau I.

Tableau II

Tableau III.

de place ne nous permet pas de reproduire ici les diagrammes des deux autres corps

$$\bigcirc = 0{,}10\,e, \qquad \mathrm{C} = 0{,}05\,e.$$

On trouve assez facilement les orbitales analogues. Sous chacun des diagrammes, on trouve en unités β (l'intégrale de résonance) les énergies de l'orbitale. Le symbole (—) signifie que la fonction d'onde est antisymétrique par rapport à l'axe de symétrie de la molécule.

Les orbitales analogues sont marquées par les mêmes lettres.

Il est curieux de découvrir les orbitales « benzéniques » et « naphtaléniques » parmi les orbitales des autres corps plus compliqués. On retrouve par exemple N″ chez tous les trois et B chez le fluoranthène qui seul contient un noyau benzénique.

Ceci n'est nullement prévisible. Il n'y a pas de symétrie, par exemple, qui expliquerait pourquoi la répartition des électrons dans le noyau benzénique du fluoranthène reste désaffectée par la présence du reste de cette molécule (dans l'une des orbitales).

Ce qui nous paraît le plus important dans ce qui vient d'être dit, c'est le fait que dans certaines orbitales moléculaires les *sous-molécules* gardent leur indépendance, et ainsi il y a une possibilité de retrouver la même bande d'absorption dans le spectre de la molécule que dans l'une de ses *sous-molécules*. De tels spectres sont largement connus dans la spectroscopie [5].

Il est facile de voir que, par exemple, des transitions qui consistent en un transfert d'un électron de l'orbitale la plus haute appartenant à l'état de base à l'orbitale +1 (où la répartition des charges est la même que pour —1) est liée à un très fort changement de moment dipolaire, et l'on peut prévoir par conséquent que les bandes d'absorption correspondantes seront très intenses et les molécules posséderont des moments dipolaires excessivement élevés à ces états excités.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Structure et chromatographie. Rôle du facteur stérique dans la séparation des amines et de leurs dérivés.* Note (*) de MM. **Gustave Vavon** et **Guy Medynski**, présentée par M. Marcel Delépine.

De précédentes recherches faites par l'un de nous et B. Gastambide [1] ont montré l'importance du facteur stérique dans la chromatographie des alcools, des cétones et de leurs oximes : l'*isomère dont la fonction est la plus encombrée s'élue le premier.*

---

(5) E. Hertel et M. Schinzel, *Z. phys. Chem.*, B, 48, 1941, p. 289.

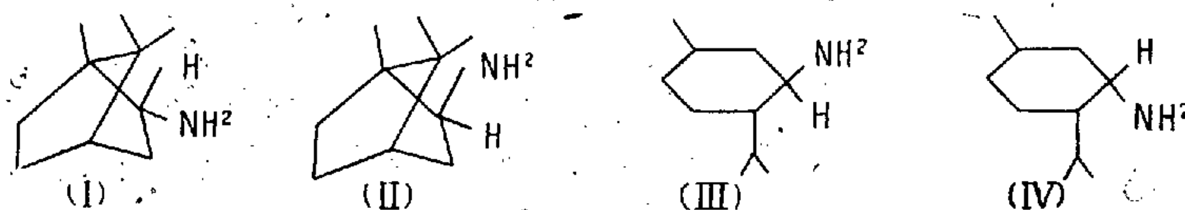
(*) Séance du 4 juillet 1949.

(1) G. Vavon et B. Gastambide, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1201 ; 228, 1949, p. 1236.

La présente Note résume les résultats obtenus sur alumine avec des amines isomères : bornyl (I), néobornylamines (II), menthyl (III), néomenthylamines (IV) et sur les dérivés formylés et acétylés de ce dernier couple.

L'alumine employée est l'alumine technique Prolabo, calcinée à 540° et lavée à l'alcool; elle se classe entre les forces (I) et (II) selon Brockmann [2].

Bornylamine-néobornylamine. — La bornylamine est préparée par réduction au sodium de l'oxime du camphre naturel; elle est purifiée, ainsi que les autres amines, par cristallisation dans l'eau de son chlorhydrate [α] + 29° [3]. La néobornylamine est obtenue par hydrogénation au platine de l'imine du camphre, chlorhydrate [α] — 55°.



Pour la chromatographie, le chlorhydrate est traité par la soude et l'amine extraite à l'éther de pétrole; après passage à travers la colonne, le mélange d'amines élué est précipité à l'état de chlorhydrate par l'acide chlorhydrique gazeux.

L'expérience a porté sur 4g de chacun des chlorhydrates, éther de pétrole 800cm³, alumine 320g (colonne 42 × 3,4cm).

Fraction.	Solvant.	(cm³).	Chlorhydrate (g).	[α]	Bornylamine (%).
1	Éther de pétrole........	800	0,55	—60,3	0
2	» »	2 400	0,90	—58,4	2
3	Benzène..............	250	1,24	—54,6	6
4	»	500	0,75	—32,6	31
5	»	1 260	0,96	+ 2,6	70
6	Éther.................	1 000	0,81	+18,4	88
7	»	2 500	0,94	+22,6	93
8	Méthanol..............	200	1,44	+28	99

On voit que la nébornylamine s'élue en tête, que la séparation est bonne et que la perte est assez faible (0g,41 sur 8).

Menthylamine-néomenthylamine. — La menthylamine est préparée par hydrogénation au sodium de l'oxime de la *l*-menthone; chlorhydrate : [α] — 48°,20. La néomenthylamine est obtenue en passant par le dérivé formylé : action de la formiamide sur la menthone, chlorhydrate : [α] + 22°,50.

(2) Brockmann et Schödder, *Ber.*, 74, 1941, p. 73.

(3) Tous les pouvoirs rotatoires sont pris pour le jaune du mercure, $c = 0,05$ dans le chloroforme.

L'expérience a porté sur 5g de chacun des chlorhydrates, éther de pétrole 1 000cm³, alumine 320g (colonne 42 × 3cm,4)

Fraction.	Solvant.	(cm³).	Chlorhydrate (g).	[α]	Menthylamine (%).
1	Éther de pétrole......	1 500	1,11	+22,4	0,1
2	» »	1 500	0,83	+22,4	0,1
3	Benzène..............	250	1,90	− 0,2	32
4	»	500	1,01	−18	57
5	»	1 250	0,71	−26,3	69
6	Éther.................	1 000	0,88	−28,3	72
7	»	2 000	1,56	−30,4	75
8	Éthanol..............	200	1,21	−36,8	84

La séparation est un peu moins bonne que dans le cas précédent.

Dérivés formylés des menthylamines. — Les dérivés sont préparés par action à 140° de l'acide formique sur les amines; dérivé de la menthylamine F 102° [α] — 88°,80; dérivé de la néomenthylamine F 118° [α] + 56°,30.

L'expérience a porté sur 5g de chacun des dérivés, éther de pétrole 2500cm³, alumine 400g (colonne 54 × 3cm,4).

Fraction.	Solvant.	(cm³).	Dérivé formylé (g).	[α].	Dérivé formylé de la menthylamine (%).
1	Benzène............	200	1,22	+52,1	3
2	»	250	1,13	+34	15
3	»	250	0,68	+ 0,3	39
4	»	500	0,76	−22,4	54
5	»	1 000	0,93	−34,1	62
6	Éther..............	1 250	1,12	−44	69
7	»	2 500	1,59	−45	70
8	Acétone............	1 000	1,30	−48	72
9	Éthanol............	500	0,30		

Nous ne ferons que mentionner les résultats obtenus avec les dérivés acétylés : le % du dérivé acétylé de la menthylamine passe par les valeurs suivantes : 21, 42, 46, 51, 58, 59, 61, 62 et 69 %.

En résumé, l'amine (ou ses dérivés) s'adsorbe par sa fonction — NH_2 *d'autant plus difficilement que le voisinage de celle-ci est plus encombré.*

Notons qu'il y a parallélisme entre les résultats de la chromatographie et les vitesses de réaction de ces amines avec certains réactifs [bromure de benzyle, oxalate dibenzylique pipéronal, etc. (4)]; *ici c'est également le dérivé néo, le plus encombré, qui donne les vitesses les plus faibles.*

(4) G. VAVON et I. CHILOUET, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 1526; **204**, 1937, p. 53.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Du rôle de l'acide nitreux dans la formation des dérivés nitrés des amines et des phénols en milieu nitrique étendu. Action de l'acide nitreux sur la tétraméthylbenzidine.* Note (*) de MM. **François-Michel Lang** et **Gabriel Aunis**, présentée par M. Paul Pascal.

L'acide nitreux jouant un rôle très important dans la formation des dérivés nitrés des amines et des phénols, en milieu nitrique étendu (¹), nous avons été amenés à étudier le mécanisme des interactions de cet acide et de divers corps de ces familles.

La tétraméthylbenzidine, entre autres, se prête assez aisément à cette étude. D'après Kehrmann et ses collaborateurs (²), elle s'oxyde quantitativement en dérivé quinonique correspondant (sel imonium) sous l'action d'un léger excès d'acide nitreux en milieu chlorhydrique froid. A chaud, l'acide nitreux étant en quantité suffisante, ces auteurs ont obtenu le dérivé dinitré.

Nous avons cherché à déterminer le mécanisme des réactions successives conduisant à la formation du dérivé quinonique. Nous avons opéré en milieu nitrique étendu à 0,5 %; à cette concentration, l'acide nitrique ne joue qu'un rôle de salifiant pour l'amine et de libérateur de NO_2H des solutions de nitrite de sodium introduites; nous avons dosé la quantité de sel quinonique formé en fonction du temps par colorimétrie.

Nous avons fait les observations suivantes :

A. *Sur la limite de la réaction.* — 1° Quand on opère à l'abri de l'air, avec une quantité constante de tétraméthylbenzidine et une quantité variable d'acide nitreux, le maximum de coloration est atteint pour une molécule de tétraméthylbenzidine et deux molécules d'acide nitreux.

2° Quand on opère à l'abri de l'air, avec une quantité constante d'acide nitreux et une quantité variable de tétraméthylbenzidine, le maximum est atteint pour les mêmes proportions.

3° Quand on opère en présence d'air, avec un excès d'acide nitreux, les résultats ne sont pas modifiés.

4° Quand on opère en présence d'air, avec un excès de tétraméthylbenzidine, la coloration finale est la même que si l'on avait mis un excès d'acide nitreux.

Cette dernière remarque ferait penser à une formation de bioxyde d'azote, servant de catalyseur pour utiliser l'oxygène de l'air.

D'autre part, le dérivé quinonique se forme en oxydant une molécule de

---

(*) Séance du 8 octobre 1949.

(¹) R. J. Gillespie, *Quarterly Rev.*, 2, 1948, p. 305; F.-M. Lang, *Thèse, Faculté des Sciences*, Paris, 6 janvier 1948; *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1384; *Mémor. serv. Poudres*, 1949 (en impression), p. 373.

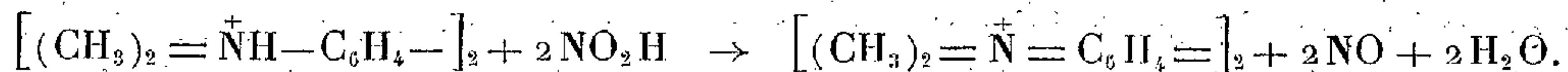
(²) F. Kehrmann, G. Roy et M. Ramm, *Helv. Chim. Acta*, 5, 1922, p. 153.

tétraméthylbenzidine avec un atome-gramme d'oxygène, qui peut être fourni par deux molécules d'acide nitreux suivant le schéma



$$2NO_2H = 2NO + H_2O + O.$$

Nous sommes conduits à admettre comme vraisemblable la réaction suivante (la tétraméthylbenzidine et le dérivé quinonique étant en milieu acide sous forme d'ions) :



$$\left[(CH_3)_2 = \overset{+}{N}H - C_6H_4 - \right]_2 + 2NO_2H \rightarrow \left[(CH_3)_2 = \overset{+}{N} = C_6H_4 = \right]_2 + 2NO + 2H_2O.$$

B. *Sur la vitesse de la réaction.* — Quand on opère avec de l'acide nitreux en quantité suffisante ou en excès, la réaction, suivie au colorimètre, a l'allure d'une réaction du premier ordre. Elle vérifie l'équation $L[I/(I-x)] = Kt$, x étant le degré d'avancement de la réaction, t le temps ; on trouve pour la constante K des valeurs assez voisines que l'on soit ou non à l'abri de l'air.

2° Quand on opère avec un excès de tétraméthylbenzidine les résultats sont différents suivant qu'on opère à l'abri de l'air ou à son contact :

A l'abri de l'air on trouve les mêmes résultats qu'avec un excès d'acide nitreux.

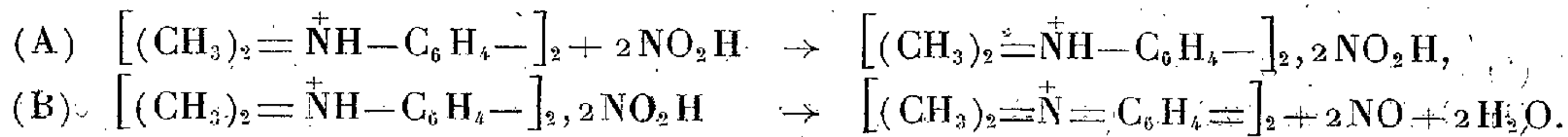
Au contact de l'air, prise isolément, chaque expérience pourrait faire croire à une réaction monomoléculaire mais la valeur de K varie *considérablement* suivant les concentrations ce qui fait penser à un phénomène plus complexe.

Nous constatons un parallélisme parfait avec les observations faites sur la limite de la réaction.

Voici les résultats obtenus pour la constante K.

		$K_{22°-24°C}$		$K_{0°C}$
Tétraméthylbenzidine.	Acide nitreux.	A l'abri de l'air.	Au contact de l'air.	Au contact de l'air.
N/4 000	N/1 000.......	0,41	0,44	0,117
N/2 000	N/1 000.......	0,48	0,45	0,112
N/1 000	N/1 000.......	0,60	0,24	0,062
N/1 000	N/2 000.......	0,40	0,06	0,016

La supposition la plus simple pour interpréter les résultats obtenus nous semble être la formation d'un complexe [réaction (A)] qui se décomposerait ensuite en donnant le dérivé quinonique ; l'ordre de la réaction serait donné par la deuxième réaction, beaucoup plus lente que la première. Le complexe n'a pas été isolé, mais son existence paraît d'autant plus vraisemblable que Stig Veibel a été conduit à admettre la formation d'un complexe de même formule dans le cas de l'action de l'acide nitreux sur les phénols ([3]) :

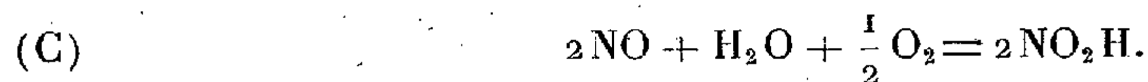


$$\text{(A)} \quad \left[(CH_3)_2 = \overset{+}{N}H - C_6H_4 - \right]_2 + 2NO_2H \rightarrow \left[(CH_3)_2 = \overset{+}{N}H - C_6H_4 - \right]_2, 2NO_2H,$$

$$\text{(B)} \quad \left[(CH_3)_2 = \overset{+}{N}H - C_6H_4 - \right]_2, 2NO_2H \rightarrow \left[(CH_3)_2 = \overset{+}{N} = C_6H_4 = \right]_2 + 2NO + 2H_2O.$$

([3]) Stig Veibel, *Z. Phys. Chem.*, 10, 1930, p. 22.

Au contact de l'air dans le cas d'un excès de tétraméthylbenzidine, cette dernière peut être totalement oxydée en dérivé quinonique par réaction du bioxyde d'azote sur l'oxygène de l'air :



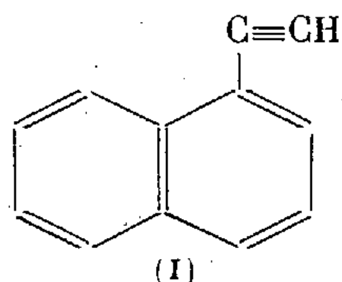
$$\text{(C)} \qquad 2NO + H_2O + \frac{1}{2}O_2 = 2NO_2H.$$

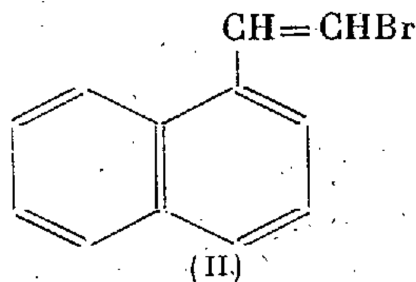
Nous espérons nous procurer un nouvel appareillage pour reprendre cette étude et la compléter en faisant des mesures plus précises; l'ensemble des résultats acquis nous a toutefois semblé assez important pour être publié.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'α-naphtylacétylène.*

Note (*) de M. **Daniel Bertin**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Bien que l'α-naphtylacétylène (I), soit un composé tête de série, sa préparation n'a été effectuée qu'une seule fois, à ma connaissance, il y a soixante ans [Leroy (1)].





On est surpris de constater que l'étude de ce composé n'ait pas reçu pendant ce long intervalle de temps le développement qui eût été naturel. Ce fait est probablement dû aux difficultés d'obtention et surtout de purification du corps par la technique de Leroy : action de PCl_5 sur l'α-naphtylméthylcétone, le dérivé chloré étant ensuite traité par la potasse alcoolique. Cette méthode a l'inconvénient de donner beaucoup d'éther-oxyde et peu d'acétylénique. D'autre part, le produit doit être isolé par son sel d'argent et régénéré par l'acide chlorhydrique, ce qui risque d'introduire comme impuretés des dérivés chlorés.

Ayant besoin d'α-naphtylacétylène pour une recherche en cours, j'ai repris l'étude de sa préparation pratique sur de nouvelles bases. La méthode suivie présente l'avantage de fournir, outre le produit final pur, un benzologue de l'ω-bromostyrolène, l'ω-bromovinyl-α-naphtalène (II), qui n'avait pas encore été décrit.

La substance de départ est l'α-chlorométhylnaphtalène (2). Elle se transforme facilement avec un rendement de 50 % en aldéhyde α-naphtoïque ($C_{11}H_8O$)

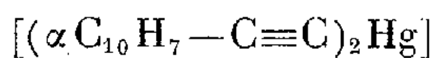
(*) Séance du 8 octobre 1949.

(1) *Bull. Soc. Chim.*, (3), 6, 1891, p. 386; *Bull. Soc. Chim.*, (3), 7, 1892, p. 644; *Comptes rendus*, 113, 1891, p. 1056.

(2) *Organic Synthèse*, 24, p. 30.

par la méthode de Sommelet (héxaméthylènetétramine en milieu acide acétique) ([3]). L'acide (naphtyl-1')-3 acrylique ($C_{13}H_{10}O_2$), F_{inst} 209°-210°, s'obtient directement par la condensation de Dœbner entre l'aldéhyde et l'acide malonique en présence d'un mélange de 5 parties de pyridine et d'une partie d'une solution aqueuse à 30 % de monométhylamine avec un rendement de 70 %; cet acide avait été déjà préparé par décarboxylation de l'acide α-naphtalmalonique ([4]). L'acide (naphtyl-1')-3 acrylique est bromé avec un rendement de 90 % par une solution à 10 % de brome dans le chloroforme en acide dibromo-2.3 (naphtyl-1')-3 propionique ($C_{13}H_{10}O_2Br_2$). F_{inst} 188°-189° ([4]), qui, traité à froid par une solution aqueuse de CO_3K_2 à 10 % [technique de Nef ([5])], conduit avec un rendement de 90 % au bromo-1 (naphtyl-1')-2 éthylène ($C_{12}H_9Br$) (II), $É_{4,5}$ 141°,5-142°, $d_{0°}$ 1,4424, $d_{20°}$ 1,4230, $n_{D20°}$ 1,6780 (Abbe), R. M. 61,763; par analogie avec le cas du benzologue inférieur, l'ω-bromostyrolène [Dufraisse ([6])], ce produit doit être considéré comme le mélange des deux isomères *cis-trans*, avec large prépondérance de l'un deux : sa fusion finissante se situe entre 12 et 14°. Ce dérivé bromé, traité en lui appliquant l'élégante méthode de Wittig ([7]) (action du phényllithium puis décomposition par l'eau du lithien intermédiaire), donne avec un rendement de 90 % l'α-naphtylacétylène. Les constantes physiques de l'α-naphtylacétylène ainsi préparé sont les suivantes : É 92° sous 4^{mm} (à 0^{mm},5 près), $d_{0°}$ 1,0660, $d_{20°}$ 1,0513, $n_{D20°}$ 1,6360 (Abbe), R. M. 51,896, point de fusion le plus élevé qui ait été observé pour le produit distillé 1°-2° (11).

Cet acétylénique peut être caractérisé, en outre, suivant la méthode préconisée par Johnson ([8]) à l'état de sel mercurique ($C_{24}H_{14}Hg$)



$$[(\alpha C_{10}H_7-C\equiv C)_2Hg]$$

qui, cristallisé dans le mélange : une partie d'alcool et une partie de benzène, présente un double point de fusion : 180-181° et 186-187°.

Enfin le dérivé cuivreux, jaune, traité suivant la technique de Moureu, Dufraisse, Johnson ([9]), par le cyanure de potassium, régénère l'acétylénique certainement exempt de dérivés halogénés à l'encontre de ce qui est à craindre

---

([3]) J. M. BADGER, *Chem. Soc.*, 1941, p. 536.

([4]) H. WILLSTAEDT et G. SCHEIBER, *Ber.*, 67, 1934, p. 470.

([5]) *An.*, 308, 1899, p. 267.

([6]) *An. de Chimie*, 17, 1922, p. 198.

([7]) G. WITTIG et H. WITT, *Ber.*, 74, 1941, p. 1474.

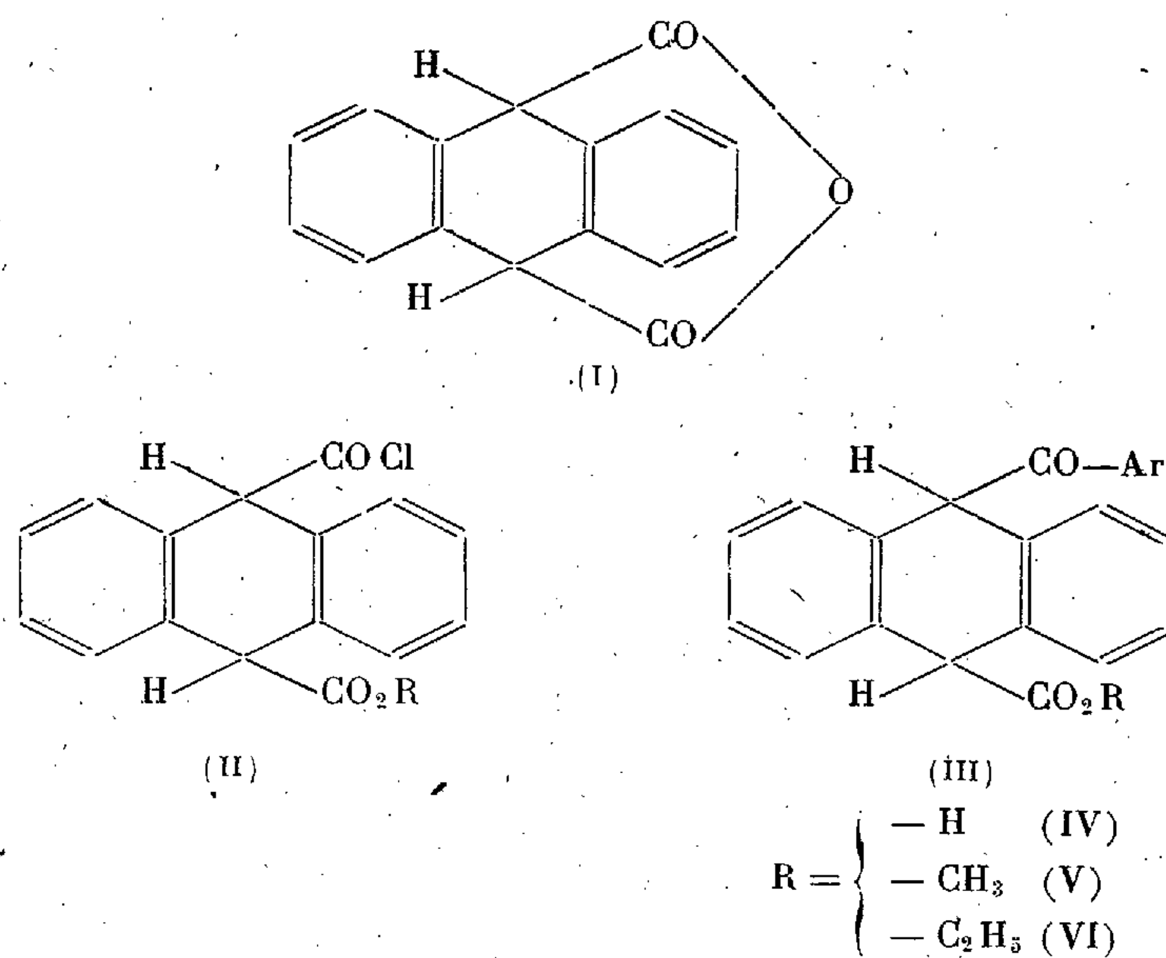
([8]) *Am. Chem. Soc.*, 48, 1926, p. 469.

([9]) *An. de Chimie*, (10), 7, 1927, p. 34.

avec une technique du genre de celle de Leroy [10]. Le point de fusion finissante le plus élevé qui ait été observé avec les échantillons de cette origine a été de 2-3°, ce qui montre que le produit provenant directement du lithien et décrit ci-dessus doit être considéré comme sensiblement pur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de céto-esters et de céto-acides mésodihydroanthracéniques par réaction de Blaise.* Note (*) de M. **Jean Rigaudy**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Par suite de la grande sensibilité au chlorure d'aluminium des dérivés des acides mésodihydroanthracènedicarboxyliques : anhydride (I) et chlorures esters (II), l'application de la réaction de Friedel et Crafts dans cette série, pour préparer des corps à fonction cétonique, se trouvait très limitée. En effet, la décomposition partielle, ou même totale, de l'anhydride au cours de la réaction interdisait le passage direct aux céto-acides (IV), tout au moins pour les premiers termes. Les chlorures esters (II), par contre, permettaient en général d'atteindre les céto-esters correspondants (III), toutefois, comme je l'ai indiqué dans une précédente Note [1], la condensation ne se déroule d'une manière régulière qu'avec les dérivés aromatiques suffisamment réactifs. Dans le cas contraire, les rendements sont limités par une dégradation plus ou moins poussée du chlorure d'acide; avec le benzène, il était même impossible d'obtenir le produit de réaction normal.



(10) Les données de Leroy sont : $É_{25}$ 143-144° et d 1,057. La pression de distillation étant indiquée comme approximative et la température n'étant pas spécifiée pour la densité, ces données sont trop imprécises pour permettre une comparaison.

(*) Séance du 8 octobre 1949.

(1) J. Rigaudy, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1327.

En l'occurence, les réactions de double décomposition avec les organométalliques paraissaient devoir être essayées et les rendements élevés signalés par Blaise et Kœhler dans l'action des organozinciques mixtes sur les chlorures esters adipique, pimélique et subérique ([2]) m'ont conduit, tout d'abord, à appliquer leur méthode aux chlorures esters (II).

A l'épreuve, j'ai constaté que le chlorure de phénylzinc réagit sur ces dérivés dès la température ordinaire; bien que la réaction soit moins immédiate que sur les chlorures esters aliphatiques, les rendements sont satisfaisants (55 à 75 %), surtout si l'on opère à l'abri de l'air. J'ai ainsi obtenu les deux nouveaux céto-esters suivants :

Phénylcéto-ester méthylique (V, $Ar = C_6H_5$), $C_{23}H_{18}O_3$, F_{inst} 128-129°.

Phénylcéto-ester éthylique (VI, $Ar = C_6H_5$), $C_{24}H_{20}O_3$, F_{inst} 122-123°.

De plus, j'ai vérifié avec le chlorure de *p*-totylzinc que la méthode aboutit aux mêmes produits (III, $Ar = C_6H_4—CH_3$) que celle de Friedel et Crafts ([1]).

Devant ces résultats encourageants, je n'ai pas manqué de tenter la condensation du chlorure de phénylzinc sur l'anhydride (I). Ce dernier composé est nettement moins réactif que les chlorures esters (II), aussi, à la température ordinaire, les rendements demeurent-ils insignifiants, mais si l'on chauffe jusqu'à la température d'ébullition du toluène, utilisé comme solvant, il se produit une réaction rapide et l'on recueille avec un rendement de 40 % le phénylcéto-acide (IV, $Ar = C_6H_5$), $C_{22}H_{16}O_3$, F_{inst} 199° (après désolvatation du produit cristallisé en benzène).

L'anhydride étant, lui-même, facilement accessible à partir de l'anthracène ([3]), ce rendement de 40 %, qu'il sera peut-être possible d'améliorer, est déjà suffisant pour permettre d'envisager l'étude des céto-acides (IV), points de départ d'une série de dérivés mixtes inconnus jusqu'à présent.

Dans ce cas particulier, la réaction de Blaise se révèle donc plus avantageuse et d'un emploi plus général que la réaction de Friedel et Crafts. En outre, la principale difficulté d'utilisation de la méthode, inhérente à la préparation un peu laborieuse du réactif, n'est qu'apparente. Cette préparation peut, en effet, s'effectuer rapidement si l'on dispose de solutions éthérées titrées d'organomagnésien et de chlorure de zinc conservées à l'abri de l'humidité et dont on prélève au moment de l'emploi la quantité voulue.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Analyse de Patterson du bromure de stéaryl-choline.* Note de Mlle **Cécile Stora**, présentée par M. Paul Pascal.

Les cristaux de bromure de stéaryl-choline ne sont pas isomorphes de ceux de l'iodure. S'ils poussent aussi en larges feuillets losangiques, l'angle aigu de

([2]) E.-E. Blaise et A. Kœhler, *Bull. Soc. Chim.*, (4), 7, 1910, p. 215.

([3]) J. Mathieu, *Ann. Chim.*, (11), 20, 1945, p. 215.

leur face prédominante {001} est complémentaire de celui de l'iodure et l'ellipsoïde des indices est plus redressé sur le plan de la face (27° au lieu de 22°) (1).

Cependant, comme les périodicités de translation le long de la petite et de la grande arête de pousse du cristal du bromure correspondent respectivement à celles des rangées (110) et (010) de l'iodure, compte tenu de la diminution du rayon ionique de l'halogène, nous avons été amenée à choisir pour direction *a* du bromure la rangée la plus perpendiculaire à la grande arête. Les rayons X ont confirmé que, dans cette direction, la périodicité de translation était identique à celle de l'arête *a* de l'iodure. Les constantes linéaires en A° et angulaires de la nouvelle maille triclinique du bromure sont les suivantes :

a.	*b.*	*c.*	*α.*	*β*	*γ.*
5,77	7,2	31,8	92,8	101°,28′	90°,33′

Le remplacement de l'iode par le brome n'affecte donc pas la périodicité *a*, mais diminue *b* du double de la différence des rayons ioniques et, contrairement à notre attente, accroît le paramètre *c*. Les angles α et β sont notablement différents de ceux de l'iodure.

La simple comparaison des projections de Patterson *oyz* et *xoz* des deux substances permet d'élucider la structure grossière du bromure. En effet, la maille élémentaire ne renfermant que deux molécules et celles-ci ne se chevauchant pas, il apparaît, surmontant la masse devenue confuse des vecteurs entre les atomes légers, non seulement des maxima très intenses (A) correspondant à la projection des vecteurs entre les atomes lourds, mais aussi une série de maxima secondaires correspondant aux vecteurs joignant l'atome lourd à chacun des atomes légers, c'est-à-dire la projection de la molécule en vraie grandeur, l'atome lourd étant à l'origine (*figure*). Les deux projections *oyz* et *xoz* du bromure ayant même allure que celles de l'iodure (2), on est amené à proposer pour le bromure un type de structure identique à celui de l'iodure (3) et comprenant

A. Un *double damier d'électrovalences* brome-azote, parallèle au plan *xoy* de la face des cristaux. La distance brome-azote serait de 4,6 Å dans le plan du feuillet, mais paraîtrait notablement plus faible entre le brome d'un damier et l'halogène de l'autre damier (3,76 Å). Toutes les distances brome-brome sont inégales (7,22; 6,7; 6,55; 5,77; 5,05; 4,71 Å).

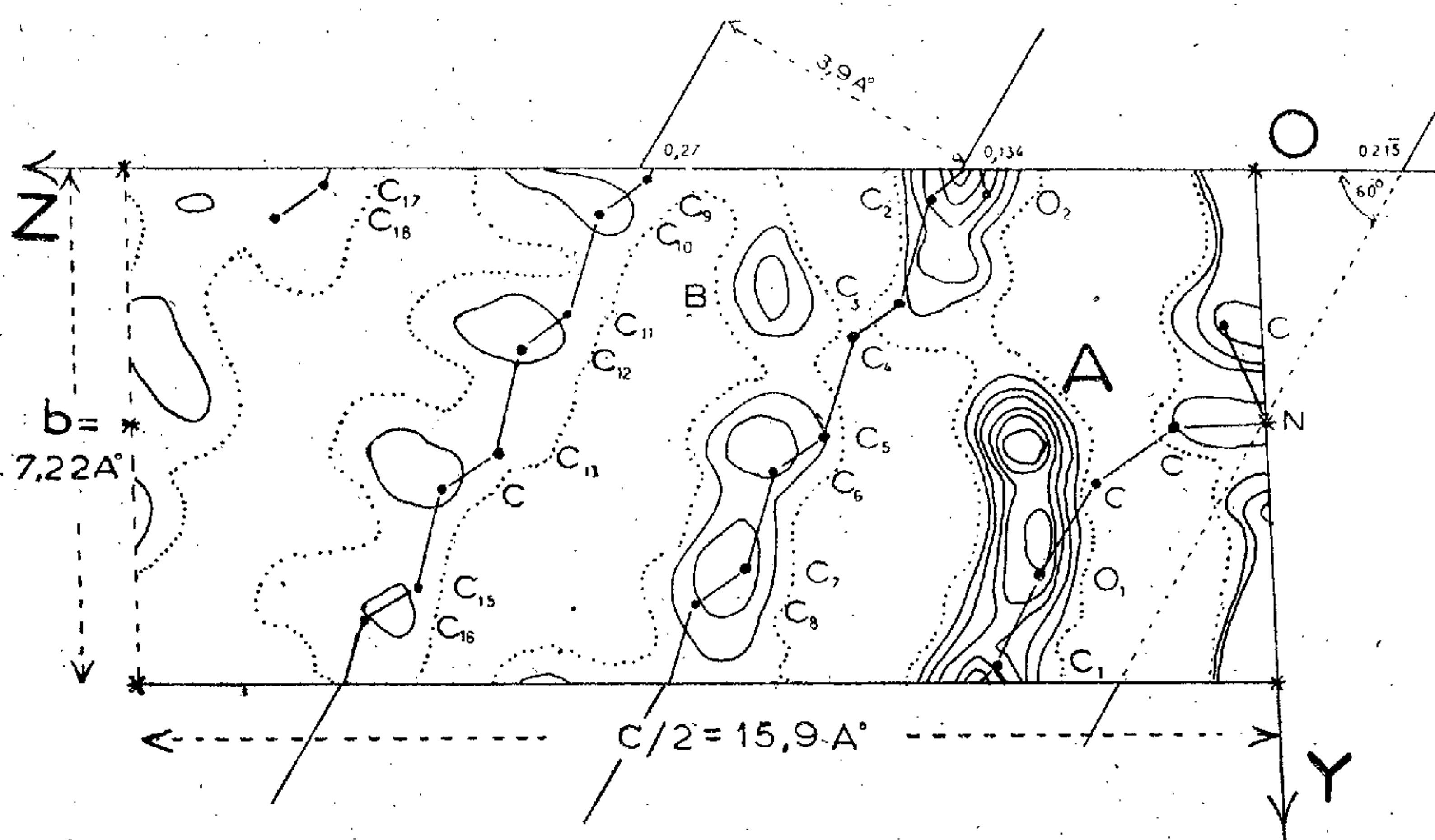
B. Une *couche moléculaire* tapissant chaque face externe du feuillet ionique et constituée par les restes de l'ester de la choline. Les chaînes grasses ont une

(1) C. Stora, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 994, et 120, 1945, p. 248.

(2) *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).

(3) C. Stora, *Comptes rendus*, 228, 1949, 324.

disposition analogue à celles de l'iodure, mais sont plus redressées sur le plan xoy avec lequel elles font un angle d'environ 28°, voisin de l'inclinaison du grand axe de l'ellipsoïde des indices sur le plan (001).



De même que pour l'iodure, la chaîne grasse s'appuie par son épaisseur sur un angle dièdre de 27° avec le plan xoy, parallèle à la direction de l'extinction, c'est-à-dire oblique d'environ 5° sur la diagonale AD du damier. La distance des chaînes grasses dans l'espace étant grossièrement égale au produit AD.sin 27° = 9,2 Å. 0,454 = 4,17 Å, est assez voisine de celle usuellement adoptée pour l'épaisseur des chaînes hydrocarbonées et des valeurs fournies par les projections de Patterson. La distance entre les plans de deux dièdres issus de deux atomes consécutifs parallèlement à Ox, est identique à celle de l'iodure (5 Å) puisque le paramètre a est identique pour les deux substances. Elle est proche de la valeur admise (4,9 Å) pour la largeur des chaînes grasses. Donc les longues chaînes se juxtaposent comme pour l'iodure par leur largeur le long de a et s'empilent par leur épaisseur le long de AD (petite arête de pousse).

On comprend ainsi assez bien que la substitution du brome à l'iode n'affecte pas le paramètre a correspondant à la juxtaposition latérale des chaînes grasses, mais plus facilement le paramètre b ou la direction (110) reliés à leur épaisseur. Le tassement du brome, de rayon ionique inférieur à celui de l'iode, provoquerait un léger pivotement de toute la molécule dans le plan du dièdre autour de l'atome d'azote, redressant la chaîne de l'acide gras sur le plan de la face du cristal et conduisant à un accroissement du paramètre c.

CRISTALLOGRAPHIE. — *La structure des borures d'uranium.* Note (*) de MM. **Félix Bertaut** et **Pierre Blum**, présentée par M. Charles Mauguin.

Deux borures d'uranium sont connus actuellement, UB_4 (1) et le borure récemment découvert UB_{12} (2), dont l'individualité a été caractérisée d'abord par son diagramme Debye-Scherrer et ensuite par analyse chimique.

UB_{12}. Le diagramme D-S de la poudre microcristalline de UB_{12} est compatible avec une maille cubique à faces centrées de paramètre $a = 7,473$ Å. A première vue les intensités sont principalement dictées par la multiplicité des plans (*hkl*) comme dans le cas d'un élément pur. La maille doit donc contenir quatre atomes de U. Les mesures de densité ont confirmé ce résultat : $d_{R\text{-}X} = 5,825$; $d_{mes} = 5,65$; $Z = 4UB_{12}$. La contribution des atomes de B à l'intensité des raies est, bien que faible, non négligeable et la comparaison de raies voisines et de même multiplicité est particulièrement sensible à la structure. L'étude des intensités, combinée avec le fait que le rayon de B dans ses combinaisons métalliques est de 0,86 Å à 0,89 Å permet d'éliminer un certain nombre d'hypothèses structurales et de présenter la structure décrite comme certaine.

Le groupe d'espace probable est $O_h^5 - Fm3m$ (holoédrique, ou un de ses sous-groupes). Les atomes de U occupent les positions $4a$), ceux de B les positions $48\,i$) à un paramètre x (3). Le choix $x = 1/6$ confère à la structure une symétrie élevée, fournit un rayon de B *normal* de 0,88 Å et s'accorde bien avec les intensités observées.

Les atomes de B sont disposés par paires suivant des axes binaires, normalement et symétriquement par rapport à la ligne de jonction de deux atomes de U, voisins proches. Dans tous les plans (111) les paires de B s'assemblent pour former des réseaux indéfinis d'hexagones. Chaque atome de B a cinq voisins B à B-B $= 1,76$ Å et deux voisins U à U-B $= 2,79$ Å. Le voisinage d'un atome de U est constitué de $2 \times 12 = 24$ atomes de B disposés suivant les sommets d'un cube-octaèdre régulier. (*Voir* figure.)

L'uranium, dans la combinaison UB_{12} s'apparente aux terres rares en ce sens que dans leurs borures en B_6 ($O_h^1 - Pm3m$) le nombre de coordination est le même ($n = 24$), le polyèdre de coordination est un cube-octaèdre régulier (4) et tout atome de B a encore cinq voisins B. Le rayon de 1,91 Å de

(*) Séance du 26 septembre 1949.

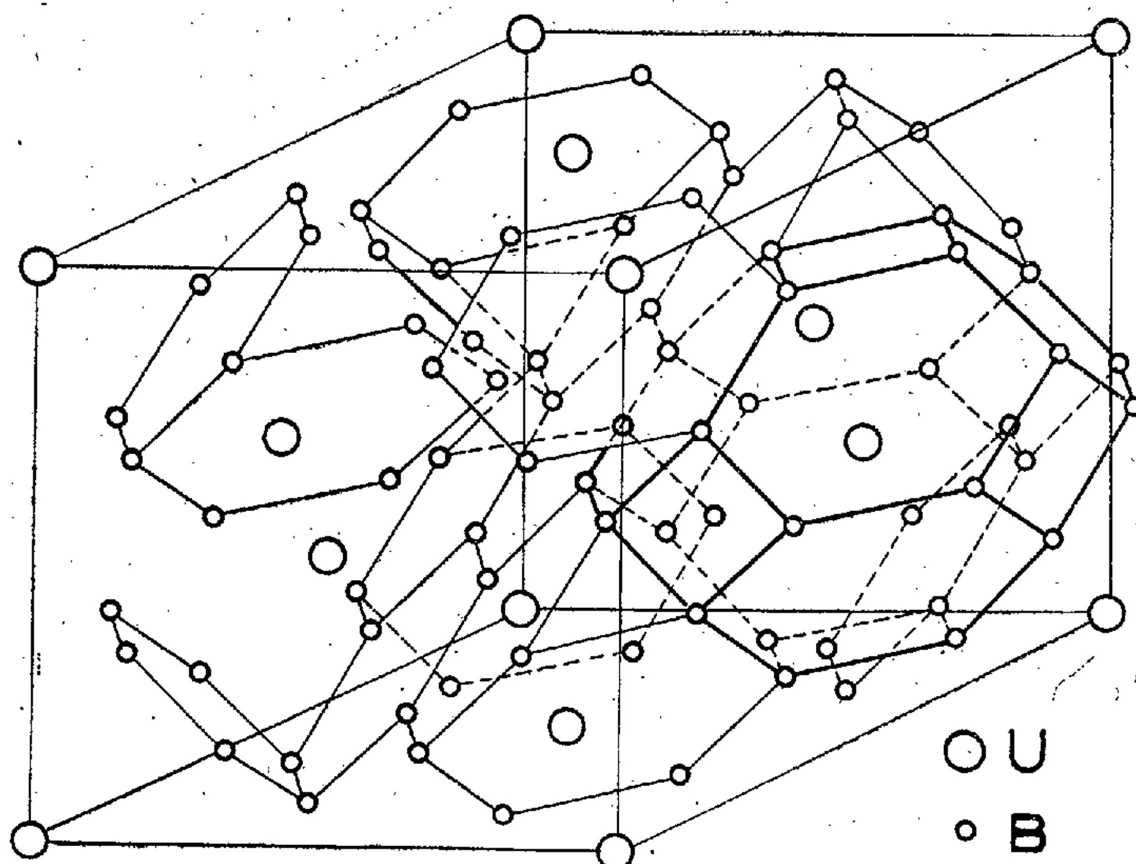
(1) L. Andrieux, *Thèse*, Paris, 1929.

(2) L. Andrieux et P. Blum, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 210.

(3) Un autre choix se ramenant au précédent est U en $4\,b$ et B en $48\,h$ (voir *Tabl. Intern. pour la détermination des structures*, I, 1935, p. 363).

(4) Le cube-octaèdre dans UB_{12} est constitué d'hexagones (111) et de carrés (100), celui de XB_6 se compose de triangles (111) et d'octogones (100); voir *Strukturber.*, II, 1928-1932, p. 37.

l'uranium, très grand par rapport à son rayon normal ($n = 12$) de 1,51 Å est dû à la coordination élevée. La même *anomalie* se rencontre dans les borures en B_6 et en particulier dans ThB_6, où le rayon de Th est de 0,5 Å supérieur à son rayon normal.



UB_4. Des diagrammes de cristaux tournants ont permis de préciser la maille quadratique de UB_4 : $a = 7,066$ Å; $c = 3,97$ Å; $Z = 4$. Les extinctions (ho1 n'existe qu'avec h pair, oo$l$ tous les ordres) sont caractéristiques du groupe D_{4h}^5 — (P 4/*mbm*) ([5]) pour lequel U semble avoir quelque prédilection ([6]). L'étude des intensités permet de fixer avec certitude les positions des atomes de U en $4g$ avec $x = 0,1875$. L'étude des positions des atomes de B est en cours.

GÉOLOGIE. — *Premiers résultats d'une reconnaissance géologique dans le bassin de l'Oyapock* (Guyane française). Note de M. **Edgar Aubert de La Rüe**, transmise par M. Charles Mauguin.

Les seuls travaux intéressant la bordure orientale de la Guyane sont ceux de Ch. Vélain ([1]), qui décrivit les roches récoltées en 1878 par le Dr Crevaux, les observations de Pedro de Moura ([2]), qui remonta en 1931 l'Oyapock jusqu'au

---

([5]) D'autres groupes possibles sont D_4^2 — P 42_1 ; D_{2d}^3 — P $\bar{4}2_1$ *m*.

([6]) *Voir* structure de U_3Si_2 : Zachariasen, *Acta Cristallographica*, 1949, p. 94.

([1]) *Notes géologiques sur la Haute-Guyane d'après les explorations du Dr Crevaux* (*Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3e série, 9, p. 396, 28 mai 1881, p. 397-417).

([2]) *Fisiografia e Geologia da Cüiana Brasilera* (*Vale do Oyapoque e região do Amapa*). *Instituto Geologico e mineralogico do Brasil*, Bol. 65, 100 p., Rio de Janeiro, 1934.

dégrad Galoupa et ceux très récents de B. Choubert ([3]), se limitant à l'estuaire de ce fleuve.

Les recherches que je viens d'accomplir en 1948-49, pour le compte de l'Office de la Recherche Scientifique Outre-Mer, intéressent la partie française du bassin de l'Oyapock, de la limite de la zone des marées, au pied des sauts de Maripa, à la région des sources, dans les Tumuc Humac Orientales. Elles s'étendent également à la région traversée par le Camopi, puissant tributaire de gauche de l'Oyapock.

C'est au Précambrien que doivent être rapportées les diverses formations rencontrées, appartenant au moins à deux séries distinctes. La plus ancienne comprend principalement des paragneiss, des migmatites très développées et des granites d'anatexie, hétérogènes, à texture souvent porphyroïde et contenant de fréquentes enclaves amphiboliques. Cet ensemble, en général très fortement granitisé, représente le Précambrien inférieur et occupe la plus grande partie du territoire examiné. On le suit, en particulier, sur toute la longueur de l'Oyapock.

Le Précambrien supérieur, moins profondément métamorphique, comprend plus spécialement des schistes satinés, des quartzites et des amphibolites, ces dernières largement représentées et dérivant probablement en grande partie de laves basiques, encore identifiables dans certains cas (Vallée de l'Inipi). Le Camopi, sans tenir compte de ses détours, recoupe cette zone de façon à peu près continue sur une soixantaine de kilomètres, entre les rapides du Grand Continent à l'amont et le Saut Mauvais, non loin de son confluent avec l'Oyapock. Elle n'est interrompue, par des bandes granitiques de quelque importance, qu'entre les Sauts Camopi et Chien et en amont du Saut Tampac.

Des massifs de granodiorite, de diorite quartzique et de diorite franche, roches homogènes en général, parfois légèrement orientées, apparaissent en de nombreux points (Mont Alikéné, Saut Yanioué sur le Camopi, Saut Itoussanssein sur le Haut-Oyapock, etc.) parmi les deux séries idendifiées, où ils sont apparemment intrusifs. Sur le terrain, la distinction entre ces venues dioritiques et les granites d'anatexie, souvent chargés d'amphibole, est parfois malaisée. La présence d'une auréole de métamorphisme rend plus facile leur identification lorsqu'il s'agit d'amas intrusifs qui ont envahi les zones schisteuses du Précambrien supérieur, tel le massif dioritique du Mont Alikéné, au voisinage duquel les schistes sont localement chargés de cristaux de staurotide accompagnés de corindon rose (Crique Yvona).

Peu de roches filoniennes recoupent dans cette partie du bouclier guyano-brésilien les diverses formations précambriennes. Même les dykes de dolérite,

---

([3]) *Géologie et Pétrographie de la Guyane française* (*Office de la Recherche Scientifique Outre-Mer,* 1949, 120 p.).

si communs dans le Nord de la Guyane, sont très rares ici. Les pegmatites forment plus souvent des zones diffuses, en relation avec les phénomènes de migmatitisation, que des filons caractérisés.

Comme dans le reste de la Guyane, il semble bien que les filons de quartz aurifère, qui constituent la seule minéralisation notable rencontrée dans le bassin de l'Oyapock, soient également ici en étroite relation avec les intrusions dioritiques et plus particulièrement avec celles qui traversent les formations d'origine sédimentaire et volcanique attribuées au Précambrien supérieur. La presque totalité des placers actuellement productifs sont en effet situés à l'intérieur de la zone occupée par ceux-ci, où les alluvions exploitées ne paraissent avoir subi qu'un faible transport et contiennent presque toujours une certaine quantité de tourmaline noire fibro-compacte.

Toutes les roches de la région ont été affectées par des déformations orogéniques intenses. La direction et le pendage de leur schistosité ou de leur rubanement diffèrent considérablement, même entre des points rapprochés, et il n'est guère possible, à première vue, de mettre clairement en évidence certaines directions principales de plissements.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Action des écoulements liquides dans la géomorphologie du Sud-Oranais.* Note (*) de M. **André Cailleux**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Dans le Sud-Oranais (Sahara et Hauts-plateaux), au pied de montagnes sillonnées de ravins souvent parallèles et équidistants (à Mecheria, pente des versants : 36 à 22°; du talweg : 15 à 13°), s'étendent sur 10 à 300^{km} de long et autant de large des plaines en pente douce (2 à 0°) dénuées de réseau hydrographique, simplement entaillées de loin en loin par les vallées encaissées des très grands oueds nés en haute montagne (Zousfana-Saoura, Guir, etc.). Tantôt ces plaines coïncident avec une surface structurale (hammada crétacée ou pliocène), tantôt (Sud de Colomb-Béchar) elles recoupent les strates antérieures érodées, se classant ainsi comme *pédiments*.

Les débouchés des ravins montagnards sont occupés par des cônes alluviaux de pente progressivement décroissante (Mecheria : 11 à 6°) qui confluent en aval en un vaste épandage détritique moins incliné (Mecheria : 5 à 1°) recouvrant tout ou partie de la plaine et dont l'épaisseur diminue d'amont en aval; finalement, on aboutit à un revêtement irrégulier de galets clairsemés. En même temps, la dimension des éléments passe de 2^{m} à 1 ou 2^{cm}. Blocs ou galets, issus d'une fragmentation intense, ont été ensuite émoussés; les plus superficiels ont été souvent soumis ultérieurement à l'éolisation ou à la vermiculation.

(*) Séance du 26 septembre 1949.

Que l'agent de leur transport ait été une nappe liquide [*sheet-flood* au sens de Mc Gee ([1])] et non une coulée boueuse en masse, est attesté par le profil en long concave et la diminution progressive de taille des blocs. Par ailleurs, les coulées boueuses sont connues seulement en climat froid ou sur pente forte (5 à 30° en général). Enfin, le pourcentage des blocs perpendiculaires à la pente dépasse 50 % (Mecheria : 60 %; Beni-Ounif : 65 %), comme dans les fleuves, alors que dans toutes les coulées boueuses étudiées, même en Afrique du Nord (Nord-Ouest de Beni-Ounif), il lui est nettement inférieur (5 à 35 %) ([2]).

En plein contraste avec l'écoulement linéaire des rivières de plaines tempérées ou équatoriales, l'écoulement en nappe qui a façonné les pédiments désertiques est certes favorisé par la brusquerie des pluies et la proximité éventuelle des montagnes ([3]), mais peut-être s'explique-t-il en partie par le cheminement initial différent des eaux de pluie; alors qu'en pays tempéré, sur les plateaux et les versants revêtus de leur dense couvert végétal naturel, tout s'infiltre, rien ne ruisselle, et l'alimentation du cours d'eau est concentrée dans les sources et les suintements latéraux ([4]), dans les plaines désertiques, au contraire, l'absence de végétation et, peut-être l'imperméabilisation superficielle par croûtes et vernis autorisent, après chaque grosse averse, le ruissellement en nappe sur toute la surface; puis l'eau s'évapore; et la rareté des vallées est peut-être liée à celle des sources.

Au Sahara, il est aisé de reconnaître si un épandage est présentement fonctionnel, ou non. S'il ne l'est pas, à sa surface les cailloux calcaires sont vermiculés et les siliceux sont recouverts d'un vernis foncé (Fe, Mn). Si au contraire il est fonctionnel, vermiculation et vernis ont été plus ou moins érodés par le frottement dans l'eau, les cailloux sont lisses et plus pâles; et la piste, au passage de l'épandage ou de l'oued, a nécessité des travaux de fixation (grillages, ancrages, etc.) inutiles dans le cas précédent.

La grande majorité des épandages sahariens s'avère ainsi non fonctionnelle. Qui plus est, comparés aux graviers actuels voisins, leurs éléments sont 3 à 10 fois plus grossiers, impliquant des débits instantanés plus forts, donc des pluies plus violentes; on rejoint ainsi la notion de phase pluviale, bien établie par ailleurs. Le profil en long des vallées monoclinales subséquentes de la Gardette, parallèles à la Saoura, se compose de tronçons successifs emboîtés, se prolongeant chacun en aval par une terrasse ancienne de type pluvial. Tous les gradins ont dû reculer chacun pour son compte, suivant le schéma proposé par Tricart ([5]). Il sera intéressant de les synchroniser avec

---

([1]) *Bull. Geol. Soc. Am.*, 8, 1897, p. 87-112.

([2]) A. Cailleux, *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, p. 323-324, 15 décembre 1947.

([3]) J. Dresch, *Thèse*, Lettres, Paris, 1939, *Cf.* p. 627-637.

([4]) A. Cailleux, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 138-140 et *Annales de Géographie*, 57, 1948, p. 21-39.

([5]) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5e série, 17, 1947, p. 559-575. *Cf. fig.* 5.

les niveaux pluviaux quaternaires définis en Afrique orientale.

A des époques plus anciennes (Crétacé, Pliocène), l'édification des épandages détritiques, conglomérats et grès, qui contribuent à former la masse de certaines hammadas (Nord de Béchar) paraît explicable par les mêmes processus de l'écoulement liquide en nappe. Quant à leur érosion ultérieure en tables étagées, bien visible par exemple au Nord de Béchar, elle serait à l'écoulement en nappe ce que l'érosion régressive en gradins de Tricart est à l'écoulement linéaire. On rejoint ainsi, en essayant d'en préciser le mécanisme physique élémentaire, l'hypothèse de la *pédiplanation*, émise par Kirk Bryan et appliquée par Dixey ([6]) et King ([7]) aux dispositifs tout semblables de l'Afrique du Sud.

OCÉANOGRAPHIE MÉTÉOROLOGIQUE. — *L'influence de la périodicité des transgressions atlantiques sur la climatologie de l'Europe Septentrionale.* Note de M. **Ed. Le Danois**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

En 1923, en étudiant les transgressions océaniques, nous avons pu définir que ces phénomènes obéissaient au rythme périodique de la révolution des nœuds de l'orbite lunaire, à savoir :

1 an, — 4 années, 6, — 9 années, 3, — 18 années, 6.

De plus, le plus puissant effet des périodes lunaires se produit par la combinaison des époques de la déclinaison avec les syzygies de la Lune en périgée et en apogée, au temps du périhélium de la Terre. Cette coïncidence se situe environ tous les 111 ans. Le cycle de 111 années, 6 comprend six périodes de 18 années, 6 et se manifeste par des transgressions très fortes, s'étendant sur une durée assez longue. La dernière marée séculaire a pris place en 1883.

La nature même du rythme périodique comportant des fractions d'année, il en résulte que les maxima d'amplitude des transgressions ne se situent pas en un lieu donné dans la même saison. Il convient donc de préciser où et quand doit être fixé un maximum transgressif. Il est très difficile de définir dans la région tropicale le moment exact où se dessine l'ébauche d'une transgression; dans l'Atlantique, elle ne se précise guère qu'au large de la côte ibérique ou dans le Golfe de Gascogne; les variations d'amplitude deviennent par contre nettement perceptibles autour des Iles Britanniques et en Mer de Norvège. Enfin, c'est en Mer de Barentz que se place le terme ultime de la montée des eaux équatoriales vers le Nord; il semble donc préférable de définir les maxima au moment de l'arrivée des transgressions dans cette mer.

En tenant compte de cette méthode, on peut fixer comme suit les dates des plus récents maxima :

([6]) *Geogr. Review*, 34, 1944, p. 457-465.
([7]) *Proc. Geol. Soc. South Africa*, 50, p. 23-52, pl. I-II, Johannesburg, 1947.

Maximum séculaire	....	novembre 1883
»	novennal	février 1893
»	octodécimal	juillet 1902
»	novennal	novembre 1911
»	octodécimal	février 1921
»	novennal	juillet 1930
»	octodécimal	novembre 1939
»	novennal	février 1949

Nous avons pu suivre assez exactement le déplacement des eaux équatoriales vers le Nord pendant la transgression de 1949. Celle-ci a débuté en mars 1948 au large des côtes du Maroc où elle fut observée par M. Furnestin; elle passa en mai et juin au large de la côte ibérique et aux mois d'août et septembre se signala dans le Golfe de Gascogne par un apport de faune tropicale qui fut noté à Biarritz par M. Arné. Vers décembre, la transgression pénétrait en Mer du Nord accompagnée par les thons rouges; puis au début de l'année 1949, elle longeait la côte scandinave pour aboutir en Mer de Barentz vers février et mars. Ainsi la durée du mouvement des eaux atlantiques de l'Équateur à la région polaire peut être évaluée à une année environ.

Quand un maximum transgressif se produit en été, vers juillet, ses répercussions n'affectent pas sensiblement la climatologie habituelle; s'il se situe en novembre, son influence se traduit par ce qu'on appelle : une belle arrière-saison. Mais il n'en est pas de même quand il se place en février. En effet, on assiste alors à une complète *interversion des climats saisonniers*. La masse des eaux transgressives occupant la majeure partie des mers boréales, Mer du Nord, Mer de Norvège, Mer de Barentz, provoque un adoucissement exceptionnel de la température hivernale. Il se trouve en effet que *l'hiver astronomique correspond à un été océanique*.

C'est ce phénomène qui s'est produit en 1948-1949 : le vent du Nord atteignant l'Europe Septentrionale après s'être réchauffé sur les eaux transgressives et son soufle était tiède; la neige a fait défaut en Norvège et en Europe Centrale; la grande dérive glacée du courant du Labrador a été des plus faibles; il n'y a pas eu d'icebergs au large des Bancs de Terre-Neuve et les lacs canadiens n'ont pas gelé. Ces anomalies climatiques reproduisent exactement celles que nous avions pu observer en 1921 et celles qui avaient marqué l'année 1893. On peut en déduire que le groupement de 3 périodes de 9 années, 3 (ou de 9 années et 4 mois) permet d'établir *un cycle de 28 années* déterminant des conditions météorologiques spéciales, par suite de la position d'un maximum transgressif dans les hautes latitudes en plein hiver.

MICROPALÉONTOLOGIE. — Nothyocha *nov. gen., Silicoflagellidé d'un type nouveau et aberrant, d'allure radiolarienne*. Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Maurice Caullery.

Plusieurs Notes publiées ici ([1]) ont fait connaître les grandes lignes de l'évolution des Silicoflagellidés, synthétisées depuis dans un exposé d'ensemble ([2]). Les extraordinaires facultés de variation des formes actuelles, et plus encore des formes fossiles, paraissaient cependant circonscrites. Elles avaient fait l'objet d'un essai de classement logique, dégageant des tendances évolutives d'importance variable, qui se sont traduites, depuis le Crétacé supérieur, par la genèse de diverses lignées aujourd'hui éteintes. Quoique certaines de ces formes fossiles fussent parfois très éloignées du type initial, elles conservaient un indéniable air de famille, dû à la constance des structures superficielles du squelette tubulaire (reticulum, verrues, épines), dont un simple fragment restait essentiellement caractéristique et impossible à confondre avec tout élément provenant d'un autre groupe de Protistes siliceux.

Un nouveau type, découvert dans une diatomo-radiolarite miocène de Grotte (Sicile), se présente sous un aspect si aberrant qu'il s'éloigne considérablement de toutes les formes connues, *et se place en dehors de toutes les possibilités morphologiques que pouvaient laisser prévoir les tendances évolutives discriminées jusqu'alors.*

Nothyocha n. g. ([3]) (*fig.* 1-2) possède exactement l'architecture de *Dictyocha* (*fig.* 4) et son squelette est également creux, quoique moins visiblement ([4]). *Ses cornes radiales portent trois côtes longitudinales saillantes,* munies de quelques dents en hameçon; leur coupe transversale est donc triangulaire. Une telle structure était jusque-là inconnue chez les Silicoflagellidés, alors qu'elle est fréquente dans d'autres groupes et en particulier chez certains Radiolaires, comme le montre l'exemple d'une espèce non décrite (*fig.* 3), prise dans le même gisement.

Cette nature hybride de *Nothyocha* est actuellement aussi inexplicable qu'inattendue. Précision architecturale et nature tubulée du squelette excluent l'hypothèse d'une forme convergente de Radiolaire, même compte tenu de la grande richesse morphologique de ce groupe. Silicoflagellidé non douteux,

---

([1]) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 445 et 508; **212**, 1941, p. 100; **224**, 1947, p. 1574.

([2]) Les Silicoflagellidés, *Rapport, XIIIe Congr. Intern. de Zool.*, Paris, 1948.

([3]) Contraction de νόθος, faux et *Dictyocha*.

([4]) Les canalicules sont soulignés par un remplissage gazeux partiel (*fig.* 2).

Nothyocha n'a point alors d'ascendants connus : le mécanisme de sa genèse à partir d'un *Dictyocha* du groupe de *D. speculum* reste entièrement obscur. Le nouveau genre a-t-il été la souche de quelque lignée présentement ignorée, ou bien n'est-il encore que le résultat d'une velléité sans lendemain, d'un échec analogue à ceux qui jalonnent déjà l'histoire des Silicoflagellidés depuis le Crétacé supérieur? Questions auxquelles seules des acquisitions nouvelles

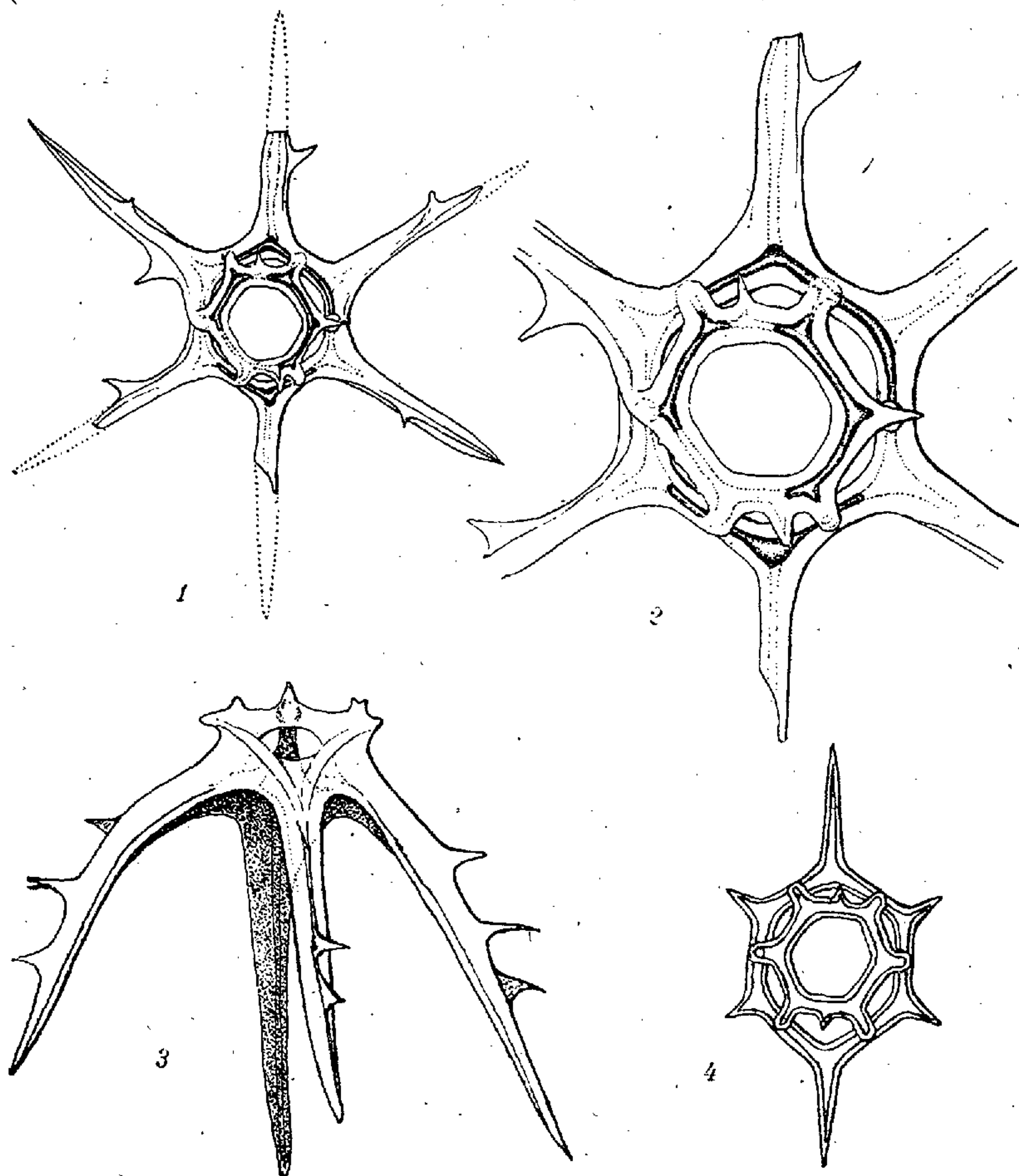
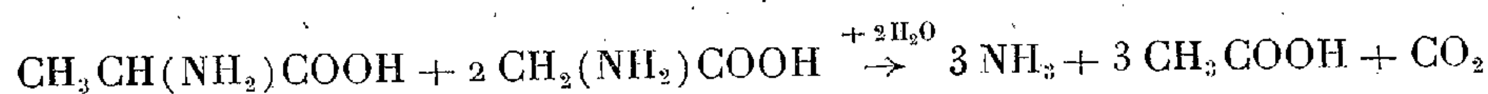


Fig. 1, 2. — *Nothyocha* n. g. *insolita* n. sp. Holotype, complété dans la figure 1; centre plus grossi dans la figure 2. — Fig. 3. Radiolaire stéphoïde non décrit. — Fig. 4. *Dictyocha* cf. *speculum* Ehr. Miocène de Grotte (Sicile). Grossissements : figures 1 et 4, × 763; figure 2, × 1456; figure 3, × 1225.

permettront sans doute de répondre. La simple existence de ce *Nothyocha insolita* ouvre toutefois des horizons nouveaux sur l'évolution des Silicoflagellidés.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'arsénite de sodium inhibiteur spécifique des amino-acides-réductases des bactéries anaérobies strictes.* Note de MM. **Bention Nisman** et **Guy Vinet**, présentée par M. Maurice Javillier.

A. La désamination couplée de l'alanine et de la glycine, qui s'effectue en présence des suspensions de *Cl. sporogenes* :



$$CH_3CH(NH_2)COOH + 2\,CH_2(NH_2)COOH \xrightarrow{+2H_2O} 3\,NH_3 + 3\,CH_3COOH + CO_2$$

au cours de laquelle l'alanine est oxydée et la glycine réduite, est inhibée par l'arsénite de sodium [1] ainsi que toutes les autres réactions du même type. Nous avons constaté qu'en anaérobiose, en présence de bleu de méthylène comme accepteur d'hydrogène, l'arsénite (M/1000) n'empêche pas la réduction du colorant ni la désamination consécutive du substrat donateur (alanine ou leucine) par les suspensions de *Cl. sporogenes*. Par contre la réoxydation de la leucophénosafranine par les suspensions de la même bactérie en présence de glycine ou de proline, est totalement supprimée par l'arsénite M/1000. Il apparaît donc que l'arsénite inhibe l'enzyme qui réduit l'acide aminé *accepteur* d'hydrogène.

B. On sait qu'en aérobiose [2], [3], [4] les suspensions de *Cl. sporogenes* oxydent les acides aminés donateurs d'hydrogène. Pour l'alanine, la valine, la leucine, l'isoleucine et la norleucine le rapport O_2 absorbé/NH_3 dégagé est voisin de 1. Comme nous l'avons montré antérieurement [2], [3] il ne se forme pas de H_2O_2 au cours de la réaction. Nous avions admis alors qu'il y avait départ de quatre atomes d'hydrogène par molécule d'acide aminé oxydé, dont deux venant de la déshydrogénation de l'acide aminé et deux de la décarboxylation oxydative de l'acide α-cétonique correspondant, l'ensemble de l'hydrogène étant accepté par O_2.

Les expériences résumées par le Tableau montrent qu'en présence de couples d'acides aminés accepteurs et donateurs, la consommation d'O_2 est plus faible qu'en présence du donateur seul. L'excès d'oxygène absorbé dans le second cas (donateur seul) correspond sensiblement à l'accepteur réduit dans le premier cas. Les systèmes : alanine + glycine, alanine + proline consomment moins d'O_2 que l'alanine seule. La quantité de NH_3 dégagé en présence d'alanine + proline est la même qu'à partir de l'alanine seule, car la proline est réduite, mais non désaminée. Cependant que dans le système

---

(1) L. H. Stickland, *Bioch. J.*, 28, 1934, p. 1746; *ibid.*, 29, 1935, p. 288 et p. 889.

(2) B. Nisman et G. Vinet, *Ann. Inst. Past.* (sous presse).

(3) B. Nisman et G. Vinet, *Ann. Inst. Past.* (sous presse).

(4) A. J. Rosenberg et B. Nisman, *Bioch. et Biophys. Acta*, 3, 1949, p. 348.

(alanine + glycine) on trouve l'ammoniaque correspondant à la désamination intégrale des deux substrats. La présence d'arsénite de sodium (M/1 000) dans un de ces systèmes entraîne le rétablissement de la consommation d'O_2 à la valeur observée avec le donateur seul, et la quantité de NH_3 formé montre que seul ce dernier a été métabolisé. Ces expériences indiquent sans équivoque que, d'une part, les acides aminés accepteurs entrent en compétition avec l'oxygène pour l'hydrogène dégagé à partir du substrat donateur; que, d'autre part, l'addition d'arsénite à un de ces systèmes entraîne l'inhibition des enzymes réduisant les accepteurs physiologiques, de sorte que l'hydrogène ne peut plus être accepté que par O_2. L'arsénite présente donc la même action inhibitrice en aérobiose qu'en anaérobiose.

C. L'hydrogénase présente dans les suspensions de *Cl. sporogenes* ([5]) permet la réduction des acides aminés accepteurs par l'hydrogène moléculaire. Des expériences, effectuées en atmosphère d'hydrogène, montrent qu'en présence d'arsénite M/225, il n'y a pas d'absorption d'hydrogène, donc pas de réduction des amino-acides accepteurs. L'ensemble de nos expériences ([3]) permet d'interpréter la désamination couplée comme étant effectuée par trois enzymes : 1° une *amino-acide déshydrogénase* du type *l*-amino-acide-oxydasique; 2° une *déshydrogénase des acides α-cétoniques*; 3° une *amino-acide-réductase*. Ce dernier enzyme est inhibé par l'arsénite dans toutes les conditions étudiées.

Compétition entre accepteurs physiologiques et O_2 pour l'hydrogène des donateurs. Suppression de la compétition par l'arsénite de Na.

Chaque cupule de Warburg contient le substrat dans du tampon boraté 0,04 M, pH 7,3 : 1^{ml} suspension bactérienne (N = 5^{mg},48). Volume total : 3^{ml}. Dans la partie centrale 0^{ml},2 de KOH à 10 % + papier filtre. Inhibiteur à la concentration finale M/1000. T° 37°. Phase gazeuse : air. Durée de l'expérience : 120 minutes NH_3, O_2 et RCOCOOH exprimés en micromoles.

Quantité substrat μ moles.	O_2 non corr.	O_2 corr.	NH_3 non corr.	NH_3 corr.	RCOCOOH.	Inhib. % cons. O_2.
50 alanine	51,5	46,5	57,9	47,9	1,3	–
50 alanine + 100 glycine	35	29	98	85	1,0	39
50 alanine + 100 proline	24,8	20	55	45	1,6	57
50 alanine + 100 proline + arsénite	40,4	35,4	50,3	40,3	1,2	10
50 alanine + arsénite	44	39	47	37	1,6	18
Témoin	5	–	10	0	0	–
100 proline	4,8	–	10	0	0	–
100 glycine	6,0	–	13	–	–	–

Les valeurs corrigées s'obtiennent par la déduction du témoin respectif.

([5]) J. C. Hoogerheide, et W. Kocholaty, *Bioch. J.*, 32, 1938, p. 949.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Extraction du mycélium d'*Actinomyces griseus, *d'un antibiotique différent de la streptomycine et de la griséine*. Note (*) de M. **Pierre Goret**, Mme **Françoise Grumbach**, MM. **Fernand Boyer**, **Pierre Villemin** et **Charles Flachat** (1).

Dans des Notes antérieures nous avons montré qu'il était possible d'extraire par l'acide trichloroacétique en quantité assez considérable du voile d'*Actinomyces griseus*, un antibiotique (2), (3) qui nous a paru posséder les mêmes propriétés que la streptomycine (4). Poursuivant nos recherches nous avons été amenés à conclure à l'existence, sous certaines conditions et pour certaines souches, d'une substance différente de la streptomycine et de la griséine, présente dans le mycélium et les jus bruts de culture (5).

Nous rendons compte aujourd'hui de nouveaux essais qui nous ont permis d'extraire cette substance du mycélium et de confirmer nos premiers résultats.

Nous avons pratiqué sur les mycéliums une extraction alcaline suivant le procédé mis en œuvre par Jacques Beumer (6) et qui a permis à cet auteur de démontrer l'existence dans la bactérie coliforme lysogène de Lisbonne, d'une substance antibiotique active vis-à-vis du bacille de Shiga (7).

Des voiles mycéliens broyés sont mis en suspension dans l'eau physiologique à raison de 1^g pour 1^{cm^3} d'eau; le pH est amené au-dessus de pH 10 par addition de soude normale. La suspension est laissée 24 heures à la glacière, puis centrifugée. Le liquide surnageant recueilli est neutralisé. L'extraction alcaline a été faite soit d'emblée, soit après extraction acide suivie ou non d'une nouvelle extraction alcaline. Entre chaque extraction les corps microbiens sont lavés plusieurs fois (jusqu'à ce qu'on ne constate plus de trace d'antibiotique).

Nous avons procédé à des extractions acides et alcalines sur des mycéliums de diverses souches d'*Actinomyces griseus*.

Les titrages ont été effectués simultanément par la méthode des dilutions

(*) Séance du 8 octobre 1949.

(1) Document retiré du pli cacheté n° 12.506 déposé le 3 janvier 1949, ouvert à la demande des auteurs, le 8 août 1949.

(2) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 962.

(3) *Ibid.*, 226, 1948, p. 2011.

(4) *Ibid.*, 226, 1948, p. 2096.

(5) *Ibid.*, 228, 1949, p. 212.

(6) *Revue Belge Path. et Med. Exp.*, **18**, 1948, p. 244.

(7) *C. R. Soc. de Biol.*, 142, 1948, p. 847

Unités streptomycine par centimètre cube d'extrait de mycélium.

Souches.	Mode d'extraction.	« Cup plates method ». — *Subtilis* (Waksman).	Méthode des dilutions. *E. Coli* (Monod).	*Klebsiella pneumoniæ* (Dumas).	*Staphylococcus aureus* (Oxford). N. F. (*).	*Staphylococcus aureus* (Oxford). F (**).	*Streptococcus hem.* (Dig. 7). N. F.	*Streptococcus hem.* (Dig. 7). F.	*Diplococcus pneumoniæ* (Neufeld). N. F.	*Diplococcus pneumoniæ* (Neufeld). F.	*Staphylo. aureus* (Oxf.). Accoutumée à la streptomycine (10 000 U/cm³)
75 A	Extraction trichloroacétique	800	–	500	625	625	–	–	–	–	–
	» alcaline	350	100	120	125	125	330	–	500	–	0
	» alcaline après extr. trichloroacétique	30	–	60	125	–	–	–	–	–	0
48 EA I.	Extraction trichloroacétique	1000	330	700	500	500	600	–	500	–	0
	» alcaline après extr. trichloroacétique	50	0	60	5000	–	6000	–	5000	–	5000
48 EA II.	Extraction alcaline	250	0	200	2000	–	4150	–	3150	–	2500
	» alcaline après extr. alcaline	80	–	20	80	–	50	–	250	–	<180
	Extraction trichloroacétique après les deux extractions alcalines précédentes	150	–	100	250	–	–	–	–	–	–
48 EA	Extraction alcaline	200	–	100	200	–	300	–	750	–	300
	» alcaline après extr. trichloroacétique	50	–	<20	1000	–	1000	–	2000	–	1500
48 EA	Extraction alcaline après extr. trichloroacétique	120	<10	60	2500	50	3300	<10	2500	25	–

(*) N. F., non filtré. — (**) F, filtré sur bougie L 3.

et par la *cup plates method* sur les extraits neutralisés, non filtrés et filtrés sur bougie L3, vis-à-vis de divers germes tests, gram + et gram —.

Nous nous bornerons à rendre compte ici de quelques essais particulièrement probants qui sont résumés dans le tableau suivant. De l'examen de ce tableau il ressort :

1° Que l'extraction alcaline libère à partir du mycélium d'*Actinomyces griseus* avant et après extraction trichloroacétique une substance antibiotique spécialement active sur les bactéries gram positives, inactive sur le colibacille et très peu active sur *Klebsiella pneumoniæ*. (Tous les chiffres obtenus représentent des unités streptomycine.)

2° Qu'on obtient un taux plus élevé de cet antibiotique lorsque l'extraction alcaline est précédée d'une extraction trichloroacétique.

3° Que cette substance paraît également active sur *Staphylococcus aureus* accoutumé à la streptomycine.

4° Que cette substance n'est pas dosable par la *cup plates method* mais par la méthode des dilutions. L'antibiotique ne diffuse que très peu dans la gélose, en raison vraisemblablement de la grosseur de sa molécule.

5° Qu'elle est retenue par la bougie L3 (en raison de la grosseur de sa molécule également).

6° Que nous ne l'avons rencontrée jusqu'à présent que dans certaines souches d'*Actinomyces griseus* (présence dans la souche 48 E; absence dans la souche 75 A).

D'après nos recherches antérieures, il semble vraisemblable qu'une fraction de cette substance puisse être entraînée aussi bien par l'extraction acide que par l'extraction alcaline. Cependant, il semble bien que l'extraction acide prépare en quelque sorte l'extraction alcaline, en précipitant peut-être la substance active, différente de l'antibiotique contenu dans l'extrait trichloroacétique.

MICROBIOLOGIE. — *Production discontinue de bactériophages par une souche lysogène de* Bacillus megatherium. Note (*) de M. **André Lwoff** et Mlle **Antoinette Gutmann**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nous avons posé le problème du mode de libération des bactériophages par les bactéries lysogènes et montré qu'il pouvait y avoir multiplication bacté-

(*) Séance du 26 septembre 1949.

rienne d'une part, lyse bactérienne d'autre part, sans apparition de bactériophages ([1]). D'autres expériences effectuées suivant la même technique et avec la même souche de bactéries ont apporté des résultats nouveaux.

A. Un diplobacille lavé est ensemencé en eau peptonée. Après chacune des bipartitions l'un des segments fils est éliminé de la microgoutte, 22 bactéries dans une expérience, 42 dans une autre, sont ainsi évacuées. La totalité de la goutte où se sont produites les divisions est prélevée : pas de bactériophages.

B. On ensemence des gouttes d'eau peptonée de 150 à 200μ de diamètre avec des bactéries lavées. Lorsque le nombre de bactéries atteint respectivement 24, 47 et 54, la totalité du liquide est prélevée : pas de bactériophages, non plus que dans les prélèvements effectués entre temps.

C. Trois diplobacilles lavés sont transférés dans des gouttes d'eau peptonée de 72 à 100μ de diamètre. Dans ces conditions, la multiplication s'arrête spontanément lorsque le nombre des bactéries atteint respectivement 8, 12 et 16. Aucune lyse ne s'est produite. La totalité du liquide est prélevée : pas de bactériophages.

D. Un filament de 7 bactéries est lavé et ensemencé en milieu S ([1]). Après 120 minutes, il y a 82 bactéries : pas de bactériophages.

E. Un segment de 3 bactéries est lavé et ensemencé en milieu S. Après 123 minutes il y a 45 bactéries restées unies en un filament unique. Aucune lyse n'a été observée et nous savons que la lyse d'une bactérie, même terminale, ne saurait passer inaperçue ([1]). Au départ, pas de bactériophages ; à 123 minutes on prélève $28 \times 10^6 \mu^3$ de milieu correspondant environ à 90 % de la goutte : 480 bactériophages.

F. Dans les deux expériences dont les résultats sont donnés sur le tableau ci-contre, on notera : *a.* l'absence de bactériophages après la lyse de une ou quatre bactéries ; *b.* l'apparition brusque, alors qu'une dizaine de bactéries sont en jeu, d'un millier de bactériophages suivie d'une diminution rapide : *c.* que la libération de bactériophages a été précédée d'une période de multiplication bactérienne très lente ; *d.* enfin rappelons que nous avons observé souvent des lyses bactériennes sans libération de bactériophages.

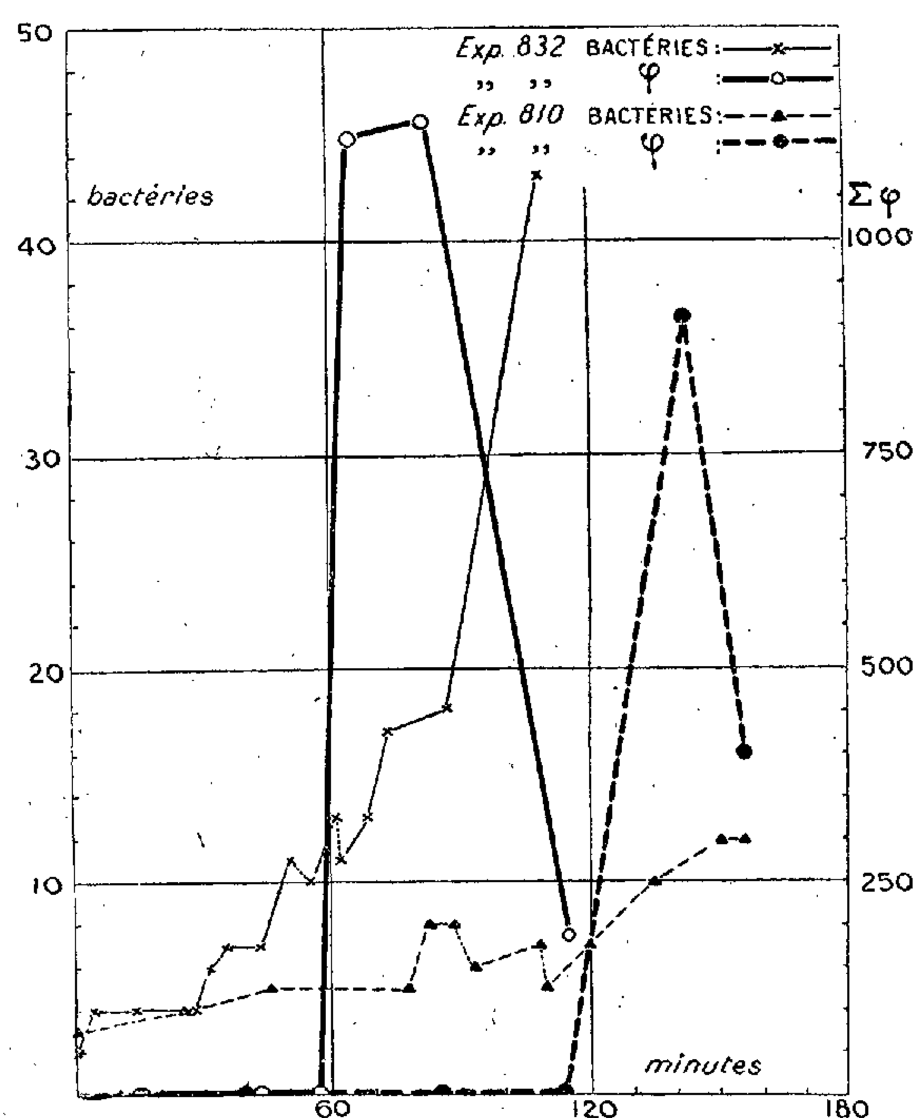
Il résulte de l'ensemble de nos expériences : 1° qu'il peut y avoir multiplication bactérienne sans libération de bactériophages ; 2° que la lyse spontanée tout comme la lyse lysozymique ne libère pas, ou en tout cas pas toujours, de bactériophages ; 3° que la libération de bactériophages en l'absence de toute lyse bactérienne a été observée une fois ; 4° que la libération massive des bactériophages est discontinue dans les conditions décrites ; 5° qu'un millier de

---

([1]) *Comptes rendus*, 1949 (à l'impression).

bactériophages peuvent être libérés rapidement par une dizaine de bactéries dont toutes ne participent peut-être pas au phénomène ; 6° que cette libération est parfois consécutive à une période de multiplication microbienne lente qui pourrait être d'ailleurs l'effet même du développement des bactériophages. Les lyses qui se produisent parfois au cours de cette période traduisent en tous cas manifestement une perturbation de l'équilibre enzymatique normal.

Le fait que les bactéries lysogènes adsorbent le bactériophage qu'elles libèrent conduit nécessairement à postuler l'existence de deux états bactériens, compatibles, l'un avec l'adsorption, l'autre avec la libération. Nos observations permettent d'exclure l'hypothèse selon laquelle la libération correspondrait régulièrement à la division bactérienne normale. L'ensemble des données expérimentales rend peu vraisemblable l'intervention d'une mutation, quoiqu'on ne puisse exclure complètement cette possibilité.



L'hypothèse d'E. et E. Wollman d'une « phase intracellulaire de la fonction lysogénique » différente de la phase extracellulaire, est corroborée par les données classiques concernant la disparition des bactériophages aussitôt après leur fixation sur les bactéries. Toutefois, le défaut de la mise en évidence de corpuscules internes pourrait être dû à une adsorption, et leur libération à une

destruction de la substance adsorbante; seul, un examen de lysats au microscope électronique permettra d'éliminer cette éventualité.

Mais les expériences de S. Luria ont révélé chez les bactériophages l'existence d' « unités » capables de se recombiner. On est donc en droit de se demander si la « phase intracellulaire » ne correspondrait pas chez les bactéries lysogènes à un état dissocié. La production et la libération subséquente des bactériophages serait alors le résultat d'une « synthèse » des corpuscules, c'est-à-dire de la recombinaison de deux ou plusieurs de leurs éléments constitutifs. Cette recombinaison, en raison de son allure discontinue, doit être liée à un état particulier, essentiellement transitoire, des bactéries, état qui pourrait être lui-même induit par certaines propriétés du milieu qu'il conviendra de définir.

La séance est levée à $15^{h}45^{m}$.

R. C.

ERRATA.

—

(*Comptes rendus* du 28 mars 1949.)

Note présentée le 14 mars 1949, de M. *André Chauvin*, Structures logiques :

Page 1086, 37e ligne, *au lieu de* soit *vraie*, *lire* n'est pas *fausse*.
» » 40 et 41e lignes, *supprimer* et réciproquement.

(*Comptes rendus* du 4 avril 1949.)

Note présentée le même jour, de M. *André Chauvin*, Généralisation du théoréme de Gödel :

Page 1179, 31e ligne, et page 1180, 1re et 2e lignes, *supprimer* et réciproquement.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE SEPTEMBRE 1949.

Comptes rendus des séances de la neuvième Conférence générale des Poids et Mesures réunie à Paris en 1948, sous la présidence de M. HENRI VILLAT. Paris, Librairie Gauthier-Villars, 1949; 1 fasc. 32^{cm}.

Les récents progrès du système métrique 1948. *Rapport présenté à la neuvième Conférence générale des Poids et Mesures réunie à Paris en octobre* 1948, par ALBERT PÉRARD. Paris, Librairie Gauthier-Villars, 1949; 1 fasc. 32^{cm}.

Tables azéotropiques. T. I. *Azéotropes binaires orthobares.* Deuxième édition, par MAURICE LECAT. Uccle-Bruxelles, chez l'Auteur, 1949; 1 vol. $25^{cm},5$.

A Survey of the theory of the boundedness, stability, and asymptotic behavior of solutions of linear and non-linear differential and difference equations, by RICHARD BELLMAN. Washington, Office of naval research, 1949; 1 vol. polycopié $26^{cm},5$.

Institut des parcs nationaux du Congo belge. Exploration du parc national Albert. Mission H. Damas (1935-1936). Fasc. 8. *Süsswasser-Diatomeen*, von FRIEDRICH HUSTEDT. Bruxelles, 1949; 1 vol. 28^{cm}.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 OCTOBRE 1949.

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE CARTAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Carl Benedicks**, Membre de l'Académie des Sciences de Stockholm, qui assiste à la séance.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la nutrition azotée des Orchidées.*
Note (*) de MM. **Joseph Magrou**, **François Mariat** et **Henri Rose**.

Dans une Note antérieure, l'un de nous ([1]) a suggéré que la présence de mycorhizes endotrophes paraît favoriser la nutrition azotée de la Pomme de terre. En effet, des plants de Pomme de terre issus de graines semées dans un terrain où l'azote existe surtout sous forme de composés organiques, prospèrent ou dépérissent suivant que leurs racines contractent ou non la symbiose avec des champignons endophytes à arbuscules et à vésicules (mycorhizes phycomycétoïdes ou thamniscophages). Ces champignons, en effet, à la différence des plantes vertes, sont capables d'utiliser l'azote organique du milieu extérieur. Chez les pieds qu'ils envahissent et avec lesquels ils contractent une symbiose durable, ils sont digérés de façon lente et partielle par les cellules et assurent ainsi à la plante une source continue de nutrition azotée. Toutefois, vu l'impossibilité d'obtenir des cultures suffisamment développées des champignons de ce type, nous n'avions pu démontrer le fait de façon rigoureuse.

Pour tourner cette difficulté, nous nous sommes adressés aux Orchidées, plantes dont les endophytes sont des *Rhizoctonia*, champignons aisément cultivables dont le mycélium forme dans les cellules de l'hôte des pelotons serrés (mycorhizes tolypophages). On sait, depuis Noël Bernard, que les graines d'Orchidées peuvent germer, soit, sur des milieux nutritifs dilués, en association avec le *Rhizoctonia* symbiotique, soit, sans champignons, sur des

---

(*) Séance du 3 octobre 1949.

([1]) J. Magrou, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 519-521.

milieux nutritifs de concentration moléculaire suffisamment élevée. Afin d'apprécier le rôle trophique éventuel des champignons, nous avons semé aseptiquement des graines de *Lælio-Cattleya* sur un milieu synthétique gélosé [milieu Sb de Burgeff (²) modifié : KH_2PO_4 : 0g,7; K_2HPO_4 : 0g,3; $CaCl_2$: 0g,1; NaCl : 0g,1; $MgSO_4$, $7H_2O$: 0g,3; solution oligodynamique de Berthelot : 10 gouttes; gélose lavée : 14g; eau bidistillée : 1000g]. Quatre séries de cultures ont été faites, chacune comportant, aux doses déjà employées par M. Burgeff, une source d'azote différente : $(NH_4)_2SO_4$ à 0,05 % ; urée à 0,023 % ; asparagine à 0,037 % ; acide zymonucléique à 0,074 %. Chaque série comprenait des cultures sur milieu non sucré, associées au *Rhizoctonia repens*, champignon endophyte des Cattleyées, et des cultures sans champignon, sur milieu renfermant 20 ‰ de saccharose. Dans les tubes destinés aux cultures symbiotiques, nous avons ajouté 5g ‰ d'amidon destiné à servir de source de carbone pour le champignon. Ces tubes ont été stérilisés par chauffage fractionné à 100°, afin d'éviter la stérilisation sous pression de vapeur qui, par hydrolyse de l'amidon, risquait d'accroître la concentration moléculaire et, par là, d'introduire une cause d'erreur.

Les semis ont été faits les 5 et 6 novembre 1948 et les résultats lus les 25 et 27 mai 1949. Le tableau suivant donne le diamètre moyen des plantules de chaque série; les séries affectées de l'indice *a* correspondent aux cultures en milieu non sucré, en présence du champignon; les séries affectées de l'indice *b*, aux cultures asymbiotiques en milieu sucré.

Séries.	Sources d'azote.	Nombre de plantules.	Diamètre moyen des plantules en divisions du micromètre oculaire.	en microns.
I (*a*)	Sulfate d'ammonium	341	18,36 ± 0,32	655
I (*b*)	»	320	20,22 ± 0,48	723
II (*a*)	Urée	47	8,86 ± 0,30	317
II (*b*)	»	236	19,79 ± 0,35	706
III (*a*)	Asparagine	184	16,66 ± 0,35	595
III (*b*)	»	137	11,14 ± 0,37	398
IV (*a*)	Acide zymonucléique	207	9,31 ± 0,16	332
IV (*b*)	»	123	13,24 ± 0,41	473

Le calcul montre qu'il existe, dans la série I, une différence significative en faveur des cultures asymbiotiques; dans les autres séries, des différences hautement significatives entre les cultures symbiotiques et asymbiotiques, mais ces différences changent de sens suivant la source d'azote.

Pour apprécier le degré de différenciation des plantules, nous avons considéré cinq stades de développement : stade 1, graine encore revêtue de son tégument; stade 2, graine gonflée, débarrassée de son tégument; stade 3,

(²) *Samenkeimung der Orchideen*, Iena, 1936.

protocorme en toupie avec sommet végétatif en forme de pointe; stade 4, protocorme discoïde surmonté d'un bouquet de feuilles; stade 5 et au delà, plantules à feuilles largement déployées et pourvues de racines. Le tableau suivant donne, pour chaque série, le nombre de plantules de chacun des cinq stades pour 100 graines en voie de gonflement ou de germination.

		Pourcentage des plantules aux cinq stades considérés.				
Séries.	Sources d'azote.	1.	2.	3.	4.	5.
I (*a*)	Sulfate d'ammonium....	0	8,3	81,2	10,0	0,5
I (*b*)	»	0	31,8	52,9	15,3	0
II (*a*)	Urée (*)...............	–	–	–	–	–
II (*b*)	»	1,2	51,2	44,3	3,3	0
III (*a*)	Asparagine............	12,9	55,1	32,0	0	0
III (*b*)	»	59,6	19,5	20,9	0	0
IV (*a*)	Acide zymonucléique (**).	–	–	–	–	–
IV (*b*)	» ...	8,2	55,6	36,2	0	0

(*) Les rares graines en voie de développement correspondent au stade 2.
(**) Toutes les graines en voie de développement correspondent au stade 1.

De l'examen des deux tableaux, il résulte qu'en présence d'azote minéral (sulfate d'ammonium), le développement est bon en présence ou en l'absence du champignon avec, en ce qui concerne le diamètre des plantules, une légère différence, déjà signalée, en faveur de la culture asymbiotique, différence qui change de sens si l'on considère le degré de différenciation des plantules (2e tableau). Dans l'un des tubes de la série I*a*, où, pour une cause inconnue, le champignon ne s'est pas développé, aucune germination ne s'est produite.

Avec l'urée comme source d'azote, le développement est bon en culture asymbiotique sur milieu sucré (série II*b*); les plantules sont donc capables d'utiliser l'azote de l'urée. Par contre, ce produit est impropre à la culture du champignon, qui ne s'est développé dans aucun des tubes où il a été semé; aussi le développement des plantules est-il nul sur milieu non sucré ensemencé avec le *Rhizoctonia*.

L'acide zymonucléique s'est montré également impropre au développement des plantules et à celui du champignon; aussi, en règle générale, le développement est-il à peu près nul en présence de ce composé. Toutefois, dans l'un des tubes asymbiotiques (série IV*b*), les graines en voie de développement étaient assez nombreuses, d'où les chiffres relativement élevés correspondant à cette série dans les deux tableaux. Ce fait suggérerait la possibilité d'une accoutumance des plantules à l'acide nucléique comme source d'azote; ce produit, d'ailleurs, entre les mains de M. Burgeff [3], a permis le développement des Cattleyées en milieu asymbiotique. Il semble, d'autre part, qu'en ce qui concerne l'utilisation de l'acide nucléique par le *Rhizoctonia repens*, il existe des

[3] *Loc. cit.*

différences entre les diverses souches de ce champignon; en effet, M. Burgeff (*loc. cit.*), dans des expériences de même type que les nôtres, a obtenu de bons développements de graines de *Cattleya* en culture symbiotique, avec l'acide nucléique comme source d'azote.

Enfin, en présence d'asparagine, les deux tableaux montrent un bon développement en culture symbiotique (série III *a*), et un développement à peu près nul en culture asymbiotique (série III *b*). Les plantules sont incapables, par leurs propres moyens, d'assimiler l'asparagine, mais le champignon s'accommode parfaitement de cette source d'azote, et la digestion des pelotons qu'il forme dans les cellules des plantules procure à celles-ci l'azote qui leur est nécessaire.

Une seconde lecture, faite le 21 septembre 1949, a donné des résultats de même sens, à cela près que, dans les séries où le développement s'est produit, les plantules sont généralement plus différenciées et d'un vert plus intense en culture symbiotique qu'en culture asymbiotique.

En résumé, les plantules de *Lælio-Cattleya* sont capables d'utiliser, sans l'intervention d'organismes étrangers, l'azote du sulfate d'ammonium, de l'urée et, exceptionnellement, de l'acide zymonucléique. Par contre, l'asparagine ne peut être utilisée par les plantules qu'en présence du *Rhizoctonia repens*, qui, par le mécanisme indiqué plus haut, assure leur nutrition azotée. Ce dernier fait est en faveur du rôle joué par les champignons des mycorhizes endotrophes dans la nutrition azotée des plantes qui les hébergent.

PHYSIOLOGIE. — *Effets de l'apnée anoxique prolongée et répétée.* Note de MM. **Léon Binet** et **Maurice V. Strumza.**

On sait que l'anoxie hypocapnique, résultant d'une diminution de la pression atmosphérique, aboutit à l'apnée. Celle-ci, chez un sujet à système nerveux non déprimé, est suivie d'une reprise respiratoire secondaire dite agonique. Il est bien démontré actuellement que cette respiration de retour détermine, si elle a lieu à la pression atmosphérique normale, une oxygénation suffisante de l'organisme et entraîne la survie définitive du sujet.

Nous nous sommes demandé si cette anoxie prolongée et sévère, fréquemment réalisée, n'était pas susceptible ou de provoquer des troubles permanents, plus ou moins graves ou inversement, de déclencher un mécanisme d'adaptation. Dans ce but nous avons soumis à la décompression rapide en caisson, dépression accentuée jusqu'à la syncope respiratoire, un chien mâle, vieux, pesant $17^{kg},500$, non endormi. Après nous être assuré par une observation de quinze secondes, de la réalité de la syncope, la recompression était effectuée très rapidement en trente secondes. Nous laissions toujours la reprise respiratoire s'effectuer spontanément.

En dix mois, ce chien a subi ainsi 78 épreuves sans que des manœuvres de

respiration artificielle aient été rendues nécessaires pour le réanimer. L'animal a finalement été sacrifié par saignée.

Les phénomènes se déroulent, pendant la décompression et la période ultérieure de récupération, selon un processus qui peut être ainsi résumé. Le rythme respiratoire commence à s'accélérer en 30 et 40 secondes, moment où la pression dans le caisson est de 500^{mm} de mercure environ. L'animal ne paraît pas inquiet et continue à circuler lentement dans l'appareil. La tachypnée augmente progressivement atteignant le rythme de 80 à la minute. Un ballonnement abdominal apparaît, s'accentuant avec la dépression. Vers la troisième minute, avec une pression de 250^{mm} de mercure, une hyperkinésie intestinale s'observe, se traduisant par l'émission d'une selle. Quelques secondes plus tard, avec une pression de 220^{mm} de mercure, apparaissent des troubles de la démarche, débutant par les membres postérieurs. Après 4 minutes et 30 secondes, la pression étant de 170^{mm} de mercure, le chien se couche ou tombe lourdement, la tête seule conservant encore son tonus musculaire. Une minute plus tard, pression de 150^{mm} de mercure, l'animal est en résolution musculaire complète. Cette paralysie est précédée de convulsions toniques, puis cloniques avec aboiement, durant 30 secondes. Des mouvements rythmés latéraux de la queue sont exécutés pendant les quelques secondes suivantes. A la tachypnée du début de la décompression, fait suite une bradypnée de plus en plus marquée, tandis que l'amplitude respiratoire s'exagère. Bientôt on n'observe que des mouvements respiratoires isolés et brusques, très profonds. Enfin, toute activité respiratoire cesse. Le relâchement des sphincters, se traduisant par une nouvelle selle, est contemporain de l'apnée.

L'apnée survient à une dépression plus ou moins accentuée, selon que l'aspiration est pratiquée relativement vite ou plus lentement. Les différences sont faibles mais très régulières. Nous observons l'apnée en 6 minutes 30 secondes à 7 minutes avec une pression de 81^{mm} de mercure; en 7 minutes à 7 minutes 30 secondes avec une pression de 82^{mm}; en 7 minutes 30 secondes à 8 minutes, avec une pression de 83^{mm}; en 8 à 9 minutes, avec une pression de 85^{mm}; en 9 à 10 minutes avec une pression de 90^{mm} et en 10 à 11 minutes avec une pression de 92^{mm} de mercure.

Quinze secondes après l'arrêt des mouvements respiratoires, les vannes du caisson sont ouvertes, le moteur de la pompe est arrêté et en 30 secondes, la pression atmosphérique normale se trouve rétablie. Dans certains cas, cette brusque recompression coïncide avec la reprise des mouvements respiratoires. Dans d'autres expériences, il faut attendre encore quelques secondes, moins de 30 généralement, pour assister à la première inspiration, suivie rapidement de nombreux mouvements respiratoires. Une tachycardie intense (le rythme dépassant 100 à la minute) s'observe fréquemment.

Deux à trois minutes après la reprise respiratoire, l'animal sort de son coma :

il ouvre les yeux, dresse les oreilles, lève la tête. Il fait ensuite des efforts pour se mettre sur ses pattes antérieures, toutefois largement écartées, le train postérieur demeurant inerte. Un peu plus tard, le chien est debout, mais titube et tombe.

Sept à huit minutes après le premier mouvement respiratoire, le chien paraît avoir retrouvé son état normal. Il n'a jamais manifesté de signes de souffrance, ni montré de l'agressivité.

La répétition de l'épreuve 78 fois de suite, en dix mois, n'a sensiblement pas modifié ces réactions. Peut-être y a-t-il une certaine accoutumance. En effet, comparant 33 épreuves subies pendant les cinq premiers mois avec 33 épreuves de même durée, subies pendant les cinq derniers mois de l'expérimentation, nous voyons l'apnée survenir avec une pression de 86^{mm} de mercure pour le premier groupe et une pression de 83^{mm} de mercure pour le second. Peut-on parler d'accoutumance devant de si faibles modifications ?

Signalons par ailleurs, un amaigrissement de $3^{kg},500$ les dix premiers jours, période pendant laquelle, deux épreuves par jour, tous les deux jours, étaient pratiquées. Après trois semaines de repos, les séances d'apnée anoxique furent reprises, au rythme d'une tous les deux jours? L'animal a alors engraissé régulièrement et exagérément, passant de 14^{kg} à $23^{kg},500$.

M. **Roger Heim** fait hommage du *Catalogue de la Mycothèque du Laboratoire de Cryptogamie du Muséum National d'Histoire Naturelle*, qu'il vient de publier.

Il fait hommage également du texte de la *Conférence* qu'il a faite le 1er juillet 1949 à l'Académie des Sciences coloniales et qui constitue un premier rapport sur la mission qu'il a entreprise en Nouvelle-Zélande et dans le Pacifique, lors du VIIe Congrès international scientifique du Pacifique, où il représentait, avec M. Charles Jacob, l'Académie des Sciences.

M. **Costantino Gorini** fait hommage de deux Mémoires : *The morphological and cultural characters of the lactic acidoproteolytic cocci* et *The lactic acidoproteolytic bacteria and the genotypicity of the bacterial enzymes.*

DÉSIGNATIONS.

M. **Gaston Delépine** est désigné pour représenter l'Académie aux manifestations organisées les 15 et 16 octobre 1949 par la Société d'Émulation d'Abbeville, en l'honneur du Centenaire des Antiquités celtiques et antédiluviennes de cette ville.

CORRESPONDANCE.

M. **Jean-Jacques Trillat** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par le décès de M. *Gustave Roussy*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *University of California Publications in Microbiology.* Volume I, n° 1.

2° Geologinen Tutkimuslaitos. *The general geological map of Finland.* Sheet B 4. *Kokkola. Surficial Deposits* et *Explanation to the map of surficial Deposits,* by Veikko Okko.

Il signale également un Ouvrage polycopié : *Le Cyclone tropical destructeur des* 26 *et* 27 *janvier* 1948 *à la Réunion,* par Jean Emon (présenté par M. Charles Maurain).

ALGÈBRE. — *Sur les domaines d'intégrité intégralement fermés.* Note de M. **Léonce Lesieur**, présentée par M. Élie Cartan.

Soient A un domaine d'intégrité avec élément unité, K son corps des quotients. A est *intégralement fermé* lorsque tout élément $t \in K$, entier algébrique sur A, appartient à A. Quand l'anneau A n'est pas nœtherien, cette notion se distingue de celle de domaine d'intégrité *complètement entier fermé* ([1]). Il est bien connu ([2]) que cette dernière propriété est une propriété de transfert pour l'anneau $A[x]$ des polynomes à une variable à coefficients dans A. J'ai posé dans ma conférence au Colloque international d'algèbre ([3]) la question suivante : la propriété pour A d'être intégralement fermé est-elle aussi une propriété de tranfert pour $A[x]$? La réponse est affirmative.

Théorème. — A *étant un domaine d'intégrité intégralement fermé, la même propriété a lieu pour le domaine d'intégrité* $A[x]$, *et par suite pour l'anneau* $A[x_1, \ldots, x_n]$ *des polynomes à n variables.*

Supposons qu'un élément F/G du corps des quotients de $A[x]$ soit entier algébrique sur $A[x]$; il vérifie donc

$$\left(\frac{F}{G}\right)^n + A_1\left(\frac{F}{G}\right)^{n-1} + \ldots + A_n = 0, \qquad A_i \in A[x].$$

Or, F et G sont aussi dans $K[x]$, qui est à factorisation unique, donc intégralement fermé. On en déduit que F/G, qui est entier sur $K[x]$, appartient à $K[x]$. Donc

$$\frac{F}{G} = P(x) = t_0 + t_1 x + t_2 x^2 + \ldots + t_h x^h; \qquad t_j \in K.$$

Nous avons ainsi la relation

$$(1) \qquad P^n + A_1 P^{n-1} + \ldots + A_n = 0.$$

([1]) *Cf.* Krull, *Ideal theorie* (*Ergebnisse der Math.*, 3, 1935, p. 102).

([2]) *Cf.* Van ver Waerden, *Moderne Algebra,* II, § 98, exer. 3, Berlin, 1931.

([3]) Paris, 23 sept.-1er oct. 1949. Recueil de conférences publié par le C. N. R. S.

Puisque A est intégralement fermé, le théorème sera démontré si nous prouvons que la relation (1) entraîne que tous les t_j ($j = 0, 1, \ldots, h$) sont entiers algébriques sur A. Nous utilisons pour cela deux lemmes.

LEMME 1. — *Si un domaine d'intégrité $\mathcal{O} \supset$ A constitue un A-module fini, tout élément de $\mathcal{O}$ est entier algébrique sur* A.

Soit $\alpha \in \mathcal{O}$; on a donc

$$\alpha = \sum_{j=1}^{k} a^j \alpha_j, \qquad a^j \in \mathrm{A}, \qquad \alpha_j \in \mathcal{O}.$$

Formons

$$\alpha . \alpha_i = \sum_{j=1}^{k} a_i^j \alpha_j \qquad (i = 1, 2, \ldots, k).$$

On en déduit que le déterminant de la matrice carrée d'ordre k

$$(\alpha \delta_i^j - a_i^j)$$

est nul, ce qui montre que α est entier algébrique sur A.

LEMME 2. — *Lorsque la relation* (1) *est vérifiée, le domaine d'intégrité* $\mathcal{O} = \mathrm{A}[t_0, t_1, \ldots, t_h]$ *constitue un* A-*module fini.*

Annulons dans la relation (1) les coefficients des puissances $0, n, \ldots, np, \ldots, nh$ de x; on obtient les relations

$$(2) \qquad \left\{ \begin{array}{llll} (t_0)^n + a_1(t_0)^{n-1} & & + \ldots + a_{n0} = 0, \\ \varphi_{n1} & + \varphi_{n-1,1} & + \ldots + a_{n1} = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ \varphi_{np} & + \varphi_{n-1,p} & + \ldots + a_{np} = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ (t_h)^n & + \varphi_{n-1,h} & + \ldots + a_{nh} = 0. \end{array} \right.$$

Les φ sont des polynomes homogènes en $t_0, t_1, \ldots, t_h$, dont le degré est indiqué par le premier indice, et dont les coefficients sont dans A. φ_{np} est une somme de monomes à coefficients entiers, de degré n et de poids np; l'un de ces monomes est $(t_p)^n$; les autres s'écrivent

$$\mathrm{M} = t_{i_1} t_{i_2} \ldots t_{i_n}, \qquad \text{avec} \quad i_1 + i_2 + \ldots + i_n = np.$$

Afin de comparer M au monome $(t_p)^n$, qui correspond à des indices tous égaux à p, nous allons introduire la *hauteur* I d'un monome quelconque. On définit d'abord les hauteurs $\mathrm{I}_0, \mathrm{I}_1, \ldots, \mathrm{I}_h$ de $t_0, t_1, \ldots, t_h$ par

$$\mathrm{I}_0 = 1, \qquad \mathrm{I}_1 = 1 + h, \qquad \ldots, \qquad \mathrm{I}_{p+1} = \mathrm{I}_p + h - p,$$

ce qui donne

$$\mathrm{I}_p = ph + 1 - \frac{1}{2} p(p-1).$$

La hauteur d'un produit se définit ensuite par la somme des hauteurs de ses

facteurs. On vérifie sans peine que la hauteur du monome $(t_p)^n$ surpasse la hauteur de tout monome M différent ayant le même poids et le même degré. Donc chaque monome $(t_p)^n$ s'exprime par une somme de monomes de hauteur plus faible et de degré n, à coefficients entiers, ajoutée à une somme de monomes de degrés inférieurs à n qui ont des coefficients dans A.

En raisonnant par induction sur le degré, et, pour un même degré, par induction sur la hauteur, on montre que tout monome est une somme à coefficients dans A de monomes de la forme $t_0^{m_0} t_1^{m_1} \ldots t_h^{m_h}$ $(m_j < n)$. Cette somme s'obtient par un nombre fini d'opérations qui consistent à remplacer chaque $(t_p)^n$ qui se présente par son expression tirée de (2). Ces monomes constituent une base finie du A-module $\mathcal{O} = A[t_0, t_1, \ldots, t_h]$. Le lemme 2 est donc démontré; il suffit alors d'appliquer le lemme 1 pour obtenir le théorème.

THÉORIE DES GROUPES. — *Classes de substitutions d'un groupe imprimitif.* Note de Mlle **Sophie Piccard**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soit G un groupe imprimitif de substitutions des éléments $1, 2, \ldots, n$ $(n \geqq 4)$. Soit $E = \{1, 2, \ldots, n\}$ et soit $E = E_1 + E_2 + \ldots + E_p$ une décomposition de l'ensemble E en systèmes d'imprimitivité de G. On a $\overline{\overline{E}}_1 = \overline{\overline{E}}_2 = \ldots = \overline{\overline{E}}_p = k > 1$, $p > 1$, $n = kp$, $E_i E_j = 0$, $1 \leqq i \leqq p$, $1 \leqq j \leqq p$, $i \neq j$, et chaque substitution de G qui transforme au moins un élément d'un ensemble E_i en un élément d'un ensemble E_j transforme tout l'ensemble E_i en E_j. Soit S une substitution quelconque de G et soit r un entier $\geqq 1$. Nous dirons que r systèmes d'imprimitivité de G sont liés transitivement par S si l'on peut former avec ces systèmes une suite $E_{i_1}, E_{i_2}, \ldots, E_{i_r}$, telle que S transforme E_{i_j} en $E_{i_{j+1}}$, $j = 1, 2, \ldots, -r\,1$, et E_{i_r} en E_{i_1}, et nous dirons que $E_{i_1}, \ldots, E_{i_r}$ forment une classe de systèmes d'imprimitivité de G liés transitivement par S. Soit s le nombre total de classes de systèmes d'imprimitivité du groupe G liés transitivement par S et soit q le nombre total de cycles de S, y compris, le cas échéant, les cycles d'ordre un. Nous dirons que la substitution S est de classe C_I si le nombre $(k+1)s + p + q$ est pair et nous dirons que S est de classe C_{II} si le nombre $(k+1)s + p + q$ est impair. Toute substitution de G appartient soit à la classe C_I soit à la classe C_{II}.

Soit H le sous-groupe distingué de G comprenant toute substitution de G qui transforme tout élément d'un ensemble E_i en un élément de ce même ensemble E_i, quel que soit $i = 1, 2, \ldots, p$. Soit S une substitution quelconque de H. Pour une telle substitution $s = p$ et le nombre $(k+1)s + p + q$ qui détermine la classe de S prend la valeur $n + 2p + q$. Il est donc de même parité que $n + q$. Or S est paire si $n + q$ est pair et S est impaire si $n + q$ est un nombre impair. Donc la classe C_I de substitutions du groupe H se confond avec la classe des substitutions paires et la classe C_{II} avec celle des substitutions impaires. Il en est de même de l'ensemble des substitutions du groupe G,

lorsque le nombre k est impair, puisque la classe d'une substitution S de G est alors déterminée par la parité du nombre $p+q$ et que ce nombre est de même parité que le nombre $n+q=kp+q$. Mais il n'en est plus de même lorsque k est pair et, dans ce dernier cas, chacune des classes C_I et C_{II} peut contenir aussi bien des substitutions paires que des substitutions impaires. Ainsi, dans le groupe G_8, d'ordre 8 engendré par les deux substitutions (1, 2, 3, 4), (1, 3) et ayant pour systèmes d'imprimitivité les deux ensembles {1, 3} et {2, 4}, les substitutions impaires (1, 2, 3, 4), (1, 4, 3, 2) ainsi que les substitutions paires (1, 3), (2, 4) et 1 sont de classe C_I alors que les substitutions impaires (1, 3) et (2, 4) ainsi que les substitutions paires (1, 2), (3, 4) et (1, 4), (2, 3) sont de classe C_{II}.

Quel que soit k (impair ou pair), le produit de deux substitutions de la classe C_I ainsi que le produit de deux substitutions de la classe C_{II} est une substitution de la classe C_I alors que le produit de deux substitutions de G, dont l'une est de classe C_I et l'autre de classe C_{II}, est une substitution de classe C_{II}. D'après ce qui précède, il suffit de le démontrer pour k pair. Soit donc k un nombre pair. Soient S et T deux substitutions de G, soit $s_1(s_2)$ le nombre de classes de systèmes d'imprimitivité de G liés transitivement par S(T) et soit $q_1(q_2)$ le nombre total de cycles de S(T), y compris les cycles du premier ordre. Comme k est pair, pour déterminer la classe de S(T), il suffit de considérer le nombre $s_1+p+q_1(s_2+p+q_2)$. Si ce nombre est pair [impair], la substitution S(T) est de classe $C_I[C_{II}]$. Soit s le nombre de classes de systèmes d'imprimitivité de G liés transitivement par ST et soit q le nombre total de cycles de ST, y compris les cycles du premier ordre. La classe de ST est déterminée par la parité du nombre $s+p+q$. On peut démontrer que le nombre $s+p+q$ est pair si les nombres s_1+p+q_1 et s_2+p+q_2 sont de même parité et que $s+p+q$ est impair si les nombres s_1+p+q_1 et s_2+p+q_2 sont de parité différente, en s'appuyant sur la remarque suivante. Quelle que soit la substitution R de G, le nombre s de classes de systèmes d'imprimitivité de G liés transitivement par R est égal au nombre total de cycles (y compris ceux d'ordre un) de la substitution $r=(1, 2, \ldots, p/i_1, i_2, \ldots i_p)$ des indices $1, 2, \ldots, p$, telle que S effectue sur les systèmes d'imprimitivité de G la substitution $(E_1, E_2, \ldots, E_p/E_{i_1}, E_{i_2}, \ldots, E_{i_p})$. L'ensemble des substitutions r forme, comme on sait, un groupe g, G est ν-fois isomorphe à g, ν désignant l'ordre de H, et si l'on désigne par r_1 et r_2 les éléments de g qui, dans cet isomorphisme, correspondent respectivement à S et à T, la substitution r_1r_2 de g correspond alors à ST.

En transformant une substitution S de G par une substitution quelconque R de G, on ne change pas la classe de cette substitution.

Si un groupe imprimitif G contient au moins une substitution de la classe C_{II}, la moitié des substitutions de G est de classe C_I, l'autre moitié est de classe

C_{II} et toutes les substitutions de classe C_I forment un groupe G_1 qui est un sous-groupe distingué de G.

Un groupe imprimitif G de substitutions des éléments 1, 2, ..., n est *saturé* par rapport à ses systèmes d'imprimitivité $E_1, E_2, \ldots, E_p$ s'il comprend toutes les substitutions du groupe symétrique γ_n des substitutions des éléments 1, 2, ..., n qui admettent $E_1, \ldots, E_p$ pour systèmes d'imprimitivité. Le groupe G est alors imprimitif d'une seule façon et la décomposition de l'ensemble $E = \{1, 2, \ldots, n\}$ en systèmes d'imprimitivité de G est unique. Tout groupe imprimitif saturé comprend des substitutions des deux classes C_I et C_{II}. Si un groupe imprimitif G n'est pas saturé et s'il existe diverses décompositions de l'ensemble E en systèmes d'imprimitivité de G, une même substitution de G peut être de classe C_I relativement à une décomposition de E et de classe C_{II} relativement à une autre décomposition de E.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les classes de saturation des procédés d'approximation*. Note de M. **Marc Zamansky**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Les résultats que nous avons établis antérieurement (1) peuvent être étendus au cas de fonctions sommatoires assez générales.

Soit (g) un procédé d'approximation d'une fonction continue

$$f(x) \sim \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos kx + b_k \sin kx),$$

défini par une fonction sommatoire $g(u)$ telle que $g(0) = 1$, $g(1) = 0$. Si $g', g'', \ldots, g^{(p)}$ existent, sont bornées, si $g^{(p+1)}$ est à variation bornée, pour $0 \leqq u \leqq 1$ et si de plus $g'(0) = g''(0) = \ldots = g^{(p-1)}_{(0)} = 0$, nous dirons que le procédé (g) est de *type p au moins*. Si $g^{(p)}(0) \neq 0$, nous dirons que (g) est de *type p*. Un procédé de type p ne peut donner de f d'approximation meilleure que $O(1/n^p)$.

Pour que

$$\frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{n-1} g\left(\frac{k}{n}\right) (a_k \cos kx + b_k \sin kx) - f(x) = O\left(\frac{1}{n^p}\right),$$

orsque (g) est de type p, il faut et il suffit que $\tilde{f}^{(p-1)} \in \mathrm{Lip}\, 1$ si p est impair, $f^{(p-1)} \in \mathrm{Lip}\, 1$ si p est pair.

Dans la démonstration nous avons usé de ce fait que si (g) est un procédé de type p au moins, les polynomes d'ordre n attachés à ce procédé donnent de

(1) Voir *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1838-1840.

$f(x)$ l'approximation $O(1/n^r)$ lorsque la meilleure approximation trigonométrique $E_n(f) = O(1/n^r)(r < p)$. On écrit alors

$$g(u) = \frac{g^{(p)}(0)}{p!}(u^p - 1) + \left(1 + \frac{g^p(0)}{p!}\right) g_1(u),$$

où $g_1(u)$ est un procédé de type $p + 1$ au moins.

On peut considérer des procédés de type non entier. Ainsi $T_n(g, f)$ désignant le polynome d'ordre n attaché au procédé g, lorsque $f \in Lip\,\alpha$ on a

$$T_n(1 - u^\alpha, f) - f = O\left(\frac{1}{n^\alpha}\right) + \frac{C_\alpha}{n^\alpha} \int_{\frac{1}{n}}^{+\infty} \frac{\Delta_2(t)}{t^{1+\alpha}}\, dt \qquad \text{où} \quad C_\alpha = \frac{\alpha}{\pi} \int_0^{+\infty} \frac{\sin\theta}{\theta^{1-\alpha}}\, d\theta.$$

Les conditions $f^{(p)} \in \mathrm{Lip}\,1$ ou $f^{\cdot(p)} \in \mathrm{Lip}\,1$ peuvent être exprimées par des conditions portant sur $f(x)$ uniquement. On pose

$$\Delta_2(t) = f(x + t) + f(x - t) - 2f(x), \qquad \ldots, \qquad \Delta_{2p}(t) = \Delta_{2p-2}(t) - 2^{2p-2} \Delta_{2p-2}\left(\frac{t}{2}\right)$$

et

$$\Delta_1(t) = f(x + t) - f(x - t), \qquad \ldots, \qquad \Delta_{2p+1}(t) = \Delta_{2p-1}(t) - 2^{2p-1} \Delta_{2p-1}\left(\frac{t}{2}\right).$$

Pour que $f^{(p)} \in$ Lip 1, il faut et il suffit que $[\Delta_{p+1}(t)]/t^{p+1}$ soit uniformément borné en x et t.

Pour que $f^{\cdot(p)} \in$ Lip 1, il faut et il suffit que $\int_\varepsilon^{+\infty} \frac{\Delta_{p+2}(t)}{t^{p+2}}\, dt$ soit uniformément borné en x et ε.

On remarque que les conditions $f^{(p-1)} \in \mathrm{Lip}\,1$ ou $f^{\cdot(p-1)} \in \mathrm{Lip}\,1$ sont équivalentes à $\sigma_n^{(p)} = O(1)$ ou $\sigma_n^{\cdot(p)} = O(1)$, où $\sigma_n(x)$ est la $n^{\text{ième}}$ somme de Fejèr de $f(x)$. On peut prouver que s'il s'agit de procédés d'approximation définis par une fonction sommatoire $g(u)$ jouissant des mêmes propriétés différentielles que précédemment, mais à laquelle n'est plus imposée la condition $g(1) = 0$ (Exemple : $g(u) = 1 + u^p$) *l'approximation de saturation est encore* $O(1/n^p)$ *mais la classe de saturation est obtenue :*

pour p pair, lorsque $S_n^{(p)} = O(1)$,
pour p impair, lorsque $S_n^{\cdot(p)} = O(1)$.

$S_n(x)$, $S_n^{\cdot}(x)$ étant respectivement la somme de Fourier et la somme conjuguée d'ordre n de $f(x)$.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur le problème d'équivalence des formes différentielles extérieures quadratiques* (¹). Note (*) de M. **Charles Ehresmann** et Mlle **Paulette Libermann**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Sur une variété deux fois différentiable V_{2n}, soit Ω une forme différentielle extérieure quadratique de rang $2n$ en chaque point. Soit α_x l'isomorphisme de l'espace vectoriel tangent en x sur son dual, défini par

$$\alpha_x(X) = X \lrcorner \Omega_x,$$

où X est un vecteur tangent en x et Ω_x la restriction de Ω à l'espace tangent en x. Le prolongement de α_x à l'ensemble des p-vecteurs sera encore désigné par α_x. Si X est un champ de p-vecteurs sur V_{2n}, la fonction $x \to \alpha_x(X(x))$ définit un champ de p-vecteurs covariants, c'est-à-dire une forme différentielle extérieure $\alpha(X)$. Inversement, à toute forme Π de degré p correspond un champ de p-vecteurs $\alpha^{-1}(\Pi)$. Posons $\alpha^{-1}(\Omega) = \Gamma$. A toute forme Π on peut associer une forme Π^*, dite *forme adjointe*, définie par $\Pi^* = \alpha^{-1}(\Pi) \lrcorner \Omega^n/n!$. On a

$$(\Pi^*)^* = \Pi, \qquad (\Pi \wedge \Pi')^* = \alpha^{-1}(\Pi) \lrcorner \Pi'^*,$$

$\omega^* = \omega \wedge \Omega^*$, où ω est une forme de Pfaff

$$\Omega^* = \frac{\Omega^{n-1}}{(n-1)!}, \qquad \left(\frac{\Omega^p}{p!}\right)^* = \frac{\Omega^{n-p}}{(n-p)!}, \qquad \left(\frac{\Omega^n}{n!}\right)^* = 1.$$

Par définition, la *codifférentielle* de Π relativement à Ω sera

$$\delta\Pi = \left(d(\Pi^*)\right)^*.$$

On a $\delta\delta\Pi = 0$. On démontre les identités suivantes :

$$(1) \qquad (\delta\Omega)^* = \delta\Omega \wedge \Omega^* = d\Omega \wedge \frac{\Omega^{n-2}}{(n-2)!},$$

$$(2) \qquad \left(d\Omega - \frac{\delta\Omega}{n-1} \wedge \Omega\right) \wedge \Omega^{n-2} = 0,$$

$$(3) \qquad \delta\Omega = \Gamma \lrcorner d\Omega.$$

$$(4) \qquad \frac{\delta(\Omega^p)}{p!} = -\frac{d(\Omega^{p-1})}{(p-1)!} + \delta\Omega \wedge \frac{\Omega^{p-1}}{(p-1)!},$$

$$(5) \qquad \left(d(\Omega^p) - \frac{\delta(\Omega^p) \wedge \Omega}{n-p}\right) \wedge \Omega^{n-p-1} = 0,$$

$$(6) \qquad \frac{\Gamma^p}{p!} \lrcorner \frac{d(\Omega^p)}{p!} = \frac{(n-2)!}{(p-1)!\,(n-p-1)!}\,\delta\Omega.$$

(*) Séance du 3 octobre 1949.

(¹) Cette Note fait suite à une Note antérieure (*Comptes rendus*, 227, 1948, p. 420-421). Notations : d est le symbole de différentiation extérieure, $\lrcorner$ le symbole du produit intérieur (*voir* Bourbaki, *Algèbre*, Chap. III, Paris, Hermann, 1948).

$d\Omega = 0$ entraîne $\delta\Omega = 0$; mais $\delta\Omega = 0$ entraîne $d\Omega = 0$ seulement pour $n = 2$. D'après un théorème de Lepage ([2]), il existe une forme de Pfaff bien déterminée θ telle que $(d\Omega - \theta \wedge \Omega) \wedge \Omega^{n-2} = 0$ et la formule (2) montre que $\theta = \delta\Omega/(n-1)$. La formule (3) identifie $\delta\Omega$ avec le *vecteur covariant de courbure* de Ω, introduit par Lee ([3]).

2. Les notions précédentes permettent de retrouver rapidement les résultats de Lee et de notre Note antérieure. Ainsi pour que Ω admette le facteur intégrant λ, il faut et il suffit que $d(\lambda\Omega) = 0$, c'est-à-dire $d\Omega + (d\lambda/\lambda) \wedge \Omega = 0$. Ceci est équivalent à l'ensemble des deux conditions

$$\delta\Omega + (n-1)\frac{d\lambda}{\lambda} = 0 \qquad \text{et} \qquad d\Omega - \frac{\delta\Omega}{n-1} \wedge \Omega = 0.$$

La condition d'existence d'un facteur intégrant pour Ω est donc donnée par l'ensemble des deux conditions

$$d\delta\Omega = 0 \qquad \text{et} \qquad d\Omega - \frac{\delta\Omega}{n-1} \wedge \Omega = 0.$$

Si $n = 2$, la deuxième condition est vérifiée identiquement. Si $n > 2$, elle entraîne la première, car elle donne $d\delta\Omega \wedge \Omega = 0$.

3. En appliquant plusieurs fois les opérateurs d et δ, on obtient un ensemble d'invariants de Ω. Posons $\Delta = d\delta + \delta d$. $\Delta\Pi$ est de même degré que Π. On a

$$(\delta d\Pi)^* = d\delta\Pi^*, \qquad (\Delta\Pi)^* = \Delta(\Pi^*).$$

Si $n = 2$, on a $\Delta\Omega = 0$.

Si $n > 2$, on démontre les identités

$$(\Delta\Omega)^* = \Delta\frac{\Omega^{n-1}}{(n-1)!} = d\Omega \wedge \delta\Omega \wedge \frac{\Omega^{n-3}}{(n-3)!},$$

$$\left(\Delta\frac{\Omega^p}{p!}\right)^* = \Delta\frac{\Omega^{n-p}}{(n-p)!} = \left(d\Omega \wedge \delta\Omega \wedge \frac{\Omega^{p-2}}{(p-2)!}\right)^* + d\Omega \wedge \delta\Omega \wedge \frac{\Omega^{n-p-2}}{(n-p-2)!}.$$

$\Delta\Omega$ est toujours de rang inférieur à $2n$. Si $\delta\Omega = 0$, on a $\Delta\Omega^p = \delta d\Omega^p = d\delta\Omega^p = 0$, quel que soit p, et l'opérateur δ ne donne pas de nouveaux invariants. Si $\delta\Omega \neq 0$, on obtient un ensemble d'invariants en général non nuls; par exemple, $\Delta^p(\Omega^q)$, les formes de Pfaff $\delta\Delta^p(\Omega)$ et $\Gamma^p \rfloor d(\Omega_p)$, des invariants scalaires du type $[(d\delta\Omega)^p \wedge \Omega^{n-p}]^*$. A l'aide de ces invariants on pourra, *dans le cas général*, mettre Ω sous une forme canonique.

([2]) TH.-H. LEPAGE, *Sur certaines congruences de formes alternées* (*Bull. Soc. royale des Sciences de Liége*, 1946, p. 21-31).

([3]) HWA-CHUNG LEE, *A kind of even-dimensional geometry and its applications to exterior calculus* (*Am. Journal of Math.*, 1943, p. 433-438). Cet article, qui nous a été signalé par M. Yen Chih-Ta après la parution de notre Note ([1]), contient déjà sous une autre forme plusieurs résultats énoncés par nous.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Efforts aérodynamiques sur un profil en mouvement oscillant amorti.* Note (*) de M. **Jean Legras**, présentée par M. Joseph Pérès.

Il s'agit de l'écoulement plan incompressible autour d'un profil mince qui peut prendre des *petits mouvements* relativement à des axes fixes xoy, placés dans un courant uniforme à l'infini de vitesse $\vec{V}_0$ parallèle à Ox. Le profil se projette sur Ox en $AO(-2l < x < 0)$; l'équation de son squelette est $y = g(x, t)$, fonction qui reste petite, ainsi que ses dérivées. La variation de la circulation $\Gamma(t)$ crée une nappe de tourbillons libres, normaux à xoy, portés par Ox. La densité de la ligne tourbillonnaire, égale à la discontinuité du potentiel des vitesses vaut $\Gamma(t - (x/V_0))$. Le potentiel des vitesses $\Phi(x, y, t)$, calculé sous les hypothèses de l'aile mince, est une fonction harmonique, continue à l'extérieur de AOx. Sur AO sa discontinuité est la fonction inconnue $\gamma(x, t)$ qui prend au bord de fuite la valeur $\Gamma(t)$, et sur Ox la discontinuité est $\Gamma(t - (x/V_0))$. Il faut que l'écoulement soit tangent au profil, donc

$$\left[\frac{\partial \Phi}{\partial y}\right]_{y=0} = V_0 \frac{\partial g}{\partial x} + \frac{\partial g}{\partial t} \tag{1}$$

et que la dérivée $\partial\Phi/\partial x$ soit finie au bord de fuite (condition de Kutta-Joukowsky).

Introduisons la notion de *pseudo-écoulement* : c'est l'écoulement, sans réalité physique, obtenu en *négligeant la nappe tourbillonnaire* créée par la variation de circulation, mais en tenant compte de la condition de Kutta-Joukowsky. Nous repérerons par un astérisque les grandeurs correspondantes. $\gamma^*(x, t)$ sera la solution de

$$\frac{1}{2\pi} \oint_{-2l}^{0} \frac{\partial \gamma}{\partial \xi} \frac{d\xi}{x - \xi} = V_0 \frac{\partial g}{\partial x} + \frac{\partial g}{\partial t}$$

telle que $\partial\gamma^*/\partial x$ soit finie au bord de fuite. Cette équation permet le calcul effectif de $\Gamma^*(t)$, valeur de $\gamma^*(x, t)$ pour $x = 0$, en fonction linéaire des paramètres et de leurs dérivées. Associons à Φ le potentiel Φ^* correspondant au même profil; $\Phi - \Phi^*$ possède alors une dérivée normale nulle sur AO, sa discontinuité sur AO est

$$\gamma(x, t) - \gamma^*(x, t) = \theta(x, t)$$

et sur Ox

$$\Gamma\left(t - \frac{x}{V_0}\right) - \Gamma^*(t) = h(x, t).$$

Représentons $\Phi - \Phi^*$ par un potentiel de double couche de densité $\theta(x, t)$

(*) Séance du 23 mai 1949.

sur AO et de densité $h(x, t)$ sur Ox. En supposant que $\Gamma(t) \equiv \Gamma(0)$ si $t < 0$ et que $(d\Gamma/dt)_0 = 0$, nous pouvons définir $\theta(x, t)$ en fonction de $\Gamma(t)$ par l'équation

$$(2) \qquad \frac{1}{2\pi}\oint_{-2l}^{0} \frac{\partial\theta}{\partial\xi}\frac{d\xi}{x-\xi} = \frac{1}{2\pi V_0}\int_0^{V_0 t} \frac{d\Gamma}{dt}\left(t - \frac{\xi'}{V_0}\right)\frac{d\xi'}{x-\xi'} \qquad \text{où} \quad -2l < x < 0,$$

complétée par la condition que $\partial\theta/\partial x$ soit finie au bord de fuite.

2. On vérifie que la pression, linéarisée suivant la méthode de l'aile mince est somme de la pression $p^*(x)$ du pseudo-écoulement (fonction linéaire à coefficients constants des paramètres et de leurs dérivées premières et secondes), et d'une correction de pression qui, en introduisant la variable ψ définie par $x = -l(1+\cos\psi)$, devient, tous calculs effectués

$$(3) \qquad p_1(\psi) = -\frac{\rho\Psi}{\pi}\frac{\partial\Gamma^*}{dt} - \rho\frac{1+\cos\psi}{\sin\psi}\int_0^{\frac{V_0 t}{l}} \frac{d\Gamma}{dt}\left(t - \frac{vl}{V_0}\right)\frac{dv}{\sqrt{v^2+2v}}.$$

La circulation $\Gamma(t)$ et la pseudo-circulation $\Gamma^*(t)$ sont liées par

$$(4) \qquad \Gamma(t) - \frac{l}{V_0}\int_0^{\frac{V_0 t}{l}} \frac{d\Gamma}{dt}\left(t - \frac{vl}{V_0}\right)\frac{2\,dv}{v+\sqrt{v^2+2v}} = \Gamma^*(t).$$

3. Cherchons une solution de la forme $\Gamma(t) = \Gamma_0 e^{at}$ (a complexe); on peut alors éliminer $\Gamma(t)$ entre 3 et 4, et introduire le paramètre réduit $\alpha = (al/V_0)$, la vitesse réduite $V_1 = (V_0/l)$ et la fonction

$$(5) \qquad F(\alpha, t) = \left[\alpha\int_0^{V_1 t} \frac{e^{-\alpha v}\,dv}{\sqrt{v^2+2v}}\right] : \left[1 + \alpha\int_0^{V_1 t} \frac{2e^{-\alpha v}\,dv}{v+\sqrt{v^2+2v}}\right]$$

l'expression (3) devient

$$(6) \qquad p_1(\psi) = -\frac{\rho\psi}{\pi}\frac{d\Gamma^*}{dt} - \frac{\rho V_0}{l}\frac{1+\cos\psi}{\sin\psi}F(\alpha, t)\Gamma^*(t).$$

4. On peut ainsi exprimer les efforts en fonction linéaire de $\Gamma^*(t)$ et $d\Gamma^*/dt$, donc en fonction linéaire des paramètres et de leurs dérivées, à l'aide de la fonction $F(\alpha, t)$. Nous pouvons simplifier ces expressions en remplaçant $F(\alpha, t)$ par sa limite pour $t = \infty$, limite qui vaut soit 1 lorsque le mouvement est amorti (partie réelle de α négative soit $K_0(\alpha):[K_0(\alpha)+K_1(\alpha)]$ lorsque le mouvement est entretenu ou amplifié $[R(\alpha) \geq 0]$. $K_0(\alpha)$ et $K_1(\alpha)$ sont les fonctions de Bessel de seconde espèce. Lorsque α est imaginaire pure nous retrouvons les résultats de Küssner.

HYDRAULIQUE. — *Similitude des ondulations de sable des modèles réduits et des dunes du désert.* Note (*) de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons signalé la grande analogie qui existe entre les dunes de sables créées par le vent, dans le désert, et les ondulations dont on observe la formation, au cours des études sur modèles réduits des ouvrages hydrauliques à fond affouillable. Il s'agit là d'une similitude aérohydrodynamique particulièrement curieuse. Son interprétation demande de considérer séparément les phénomènes à deux échelles essentiellement différentes :

1° Le mouvement d'ensemble du fluide, air ou eau, au contact de la paroi à rugosité très accentuée que constitue la surface du désert ou le fond du modèle, correspond à une échelle λ'. Les vitesses et les dimensions mettent en jeu des nombres de Reynolds assez grands pour que ce mouvement d'ensemble ne dépende guère de la viscosité mais, essentiellement, de la pesanteur, agissant sur les matériaux transportés; on doit donc avoir, entre vitesses homologues V, la relation

$$\frac{V_2}{V_1}=\sqrt{\lambda'}, \tag{1}$$

l'indice 2 correspondant au mouvement de l'air dans le désert, l'indice 1 à celui de l'eau dans le modèle réduit.

2° A l'échelle λ des dimensions linéaires moyennes D des grains transportés dans les deux mouvements comparés, la pesanteur et la viscosité interviennent simultanément et l'on doit avoir

$$\frac{V_2 D_2}{\nu_2}=\frac{V_1 D_1}{\nu_1} \quad \text{ou} \quad \frac{V_2}{V_1}=\frac{1}{\lambda}\frac{\nu_2}{\nu_1}, \tag{2}$$

$$\frac{\rho_2 D_2^2 V_2^2}{\rho_1 D_1^2 V_1^2}=\frac{d_2 D_2^3}{d_1 D_1^3} \quad \text{ou} \quad \frac{V_2}{V_1}=\sqrt{\lambda\frac{d_2}{d_1}\frac{\rho_1}{\rho_2}}, \tag{3}$$

en désignant par ν le coefficient cinématique de viscosité, du fluide, par ρ sa densité et par d la densité dans le fluide correspondant du matériau transporté (poids dans l'air ou dans l'eau).

On tire des conditions (1), (2), (3) les relations suivantes:

$$\lambda=\sqrt[3]{\frac{d_1}{d_2}\frac{\rho_2}{\rho_1}\left(\frac{\nu_2}{\nu_1}\right)^2}, \qquad \frac{V_2}{V_1}=\sqrt[3]{\frac{d_2}{d_1}\frac{\rho_1}{\rho_2}\frac{\nu_2}{\nu_1}}, \qquad \lambda'=\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2=\left[\frac{d_2}{d_1}\frac{\rho_1}{\rho_2}\frac{\nu_2}{\nu_1}\right]^{\frac{2}{3}}.$$

(*) Séance du 3 octobre 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 613.

Ainsi, dans le cas de l'expérience sur modèle citée dans notre précédente Note, si l'on admet que

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{2,4}{1,4} = 1,715, \qquad \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{1}{800}, \qquad \frac{\nu_2}{\nu_1} = 15,$$

on a

$$\lambda = 0,547, \qquad \frac{V_2}{V_1} = 27,4, \qquad \lambda' = 751.$$

Compte tenu des données du modèle hydraulique (sable passant à l'anneau de $2^{mm},5$, ondulations de 2 à 4^{cm}, vitesse moyenne du courant 40 cm/sec), les dunes semblables, d'un relief de 15 à 30^{m}, seraient obtenues pour un vent de 40^{km} à l'heure, avec du sable passant à l'anneau de $1^{mm},4$.

Notons que, lors de l'expérience sur le modèle réduit hydraulique, on pouvait faire apparaître des ondulations, d'ailleurs plus petites, pour des vitesses notablement plus faibles que 40 cm/sec.

Pour opérer de façon plus précise, il conviendrait de partir des données caractérisant une zone de dunes désertiques assez bien définies (V_2, D_2, d_2), d'en déduire, par les relations ci-dessus, les données à faire intervenir dans le modèle hydraulique, et d'observer les caractéristiques des ondulations obtenues, dans ces conditions, sur son fond affouillable.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur l'usage des coefficients d'absorption moyens dans la théorie des atmosphères stellaires.* Note de M. **Raymond Michard**, présentée par M. André Danjon.

Pour obtenir la relation température-pression dans une atmosphère en équilibre radiatif, de gravité, composition chimique et température effective données, on la remplace en général par une atmosphère grise, c'est-à-dire où le coefficient d'absorption, indépendant de la fréquence, est égal à une moyenne *convenable* des coefficients d'absorption valables pour l'atmosphère considérée. Nous avons effectué des calculs étendus, dans le but d'évaluer les erreurs ainsi commises. Tous nos calculs ont porté sur un modèle solaire : $\log g = 4,435$; la relation pression-pression électronique est donnée par les tables de Strömgren [1], avec $A = 3,8$; l'absorption est due aux ions H et H^- avec pour ce dernier les coefficients de Chandrasekhar-Breen.

a. Nous avons construit trois modèles gris, de température effective 5713°, respectivement avec les moyennes de Rosseland (modèle dit R), de Chandrasekhar (Ch) et enfin la *moyenne-Planck* $\int \varkappa_\nu \frac{B_\nu}{B} d\nu$, introduite pour des raisons théoriques que nous ne développerons pas ici (P_1). Le modèle Ch a déjà été

[1] *Pub. mind. Med. Kobenhavns Obs.*, 138, 1944.

calculé par Munch ([2]) mais seulement jusqu'à la pression 10^5. Les distributions de températures données par les trois modèles R, Ch et P_1 permettent de trouver le flux intégré $\mathcal{F}$ de l'atmosphère non grise à diverses profondeurs (ou pressions), suivant la formule

$$(1)\qquad \mathcal{F} = \int \mathcal{F}_\nu \, d\nu = \int d\nu \left\{ 2\int_{\tau_\nu}^{\infty} B_\nu(t) K_2(t-\tau_\nu)\, dt - 2\int_0^{\tau_\nu} B_\nu(t) K_2(\tau_\nu - t)\, dt \right\}.$$

Pour une dizaine de pressions, les profondeurs optiques τ_ν sont évaluées par intégration graphique; on construit les courbes $B_\nu(\tau_\nu)$. Les flux monochromatiques sont alors obtenus par des formules du type

$$(2)\qquad \mathcal{F}(\tau) = h_1 B(\tau_1) + h_2 B(\tau_2) - h_3 B(\tau_3) - h_4 B(\tau_4),$$

où les poids h_1, h_2, h_3, h_4 et les points τ_1, τ_2, τ_3, τ_4 ont été calculés en fonction de τ par Stromgren ([3]). L'intégration par rapport à ν utilise les $\mathcal{F}_\nu$ pour 18 longueurs d'onde réparties de 91 130 à 912 Å, et se fait par la formule de Newton-Cotes appliquée à quatre intervalles limités par les discontinuités de l'absorption de H.

TABLEAU I.

log P.		— ∞.	4,4.	4,6.	4,8.	4,9.	5,0.	5,05.	5,10.	5,11.	5,13.	5,15.
R	θ	1,088	1,037	0,993	0,926	0,882	0,825	0,785	0,725	–	0,670	0,612
	$\mathcal{F}$	2,10	2,09	2,06	2,025	1,995	1,97	1,975	1,985	–	–	–
Ch	θ	1,088	1,036	0,991	0,918	0,863	0,785	0,720	0,595	0,545	–	–
	$\mathcal{F}$	2,285	–	2,31	2,34	–	2,38	–	–	–	–	–
P_1	θ	1,088	1,031	0,986	0,914	0,860	0,785	0,720	0,595	8,545	–	–
	$\mathcal{F}$	2,29	–	2,295	2,30	–	2,32	2,34	–	–	–	–
P_2	θ	1,129	1,070	1,022	0,948	0,900	0,837	0,792	0,723	–	0,661	0,598
	$\mathcal{F}$	1,975	–	1,995	2,02	2,045	2,075	2,105	2,11	–	–	–
P'_2	θ	1,129	1,070	1,022	0,948	0,900	0,837	0,792	0,725	–	0,670	0,612
	$\mathcal{F}$	1,975	–	1,99	2,015	2,035	2,06	2,075	–	–	–	–
X	θ	1,122	1,062	1,011	0,939	0,892	0,831	0,789	0,725	–	0,670	0,612
	$\mathcal{F}$	2,03	–	2,03	2,02	–	2,02	–	2,02	–	–	–

On voit que les flux (corrects à 0,5 % près) ne sont pas constants et s'écartent beaucoup de la valeur $1,96.10^{10}$ qui correspond aux trois atmosphères grises. Il saute aux yeux que ce sont les flux obtenus avec le modèle R qui se rapprochent le plus de la valeur idéale 1,96. Cependant la *constance* du flux obtenu avec le modèle P_1 semble un peu meilleure. Ces résultats peuvent être prévus analytiquement.

b. Nous avons construit un modèle gris P_2 avec la moyenne-Planck et la

([2]) *Astrophys. J.*, **106**, 1947, p. 217.

([3]) *Astron. J.*, **53**, 1948, p. 107, et communication privée.

température effective 5504°, choisie de manière que le flux intégré à la surface de l'atmosphère non grise (calculé au moyen du modèle P_2) soit voisin du flux solaire. On voit que les modèles R et P_2 donnent des flux variant en sens inverse; on peut donc admettre qu'il existe un modèle intermédiaire à flux constant. Pour le déterminer, nous commençons par raccorder au modèle P_2 la région asymptotique du modèle R : on obtient ainsi P'_2. Les températures des modèles R et P'_2 ont été itérées à l'aide d'un procédé dû à Strömgren [3] et Unsöld [4]. Nous avons alors choisi une loi de température X, comprise entre R et P'_2, de manière que les écarts $\theta_X - \theta_R$ et $\theta_{P'_2} - \theta_X$ soient proportionnels aux corrections apportées respectivement à R et P'_2 par l'itération. Le modèle moyen ainsi trouvé donne un flux constant à la précision de nos calculs, et correspondant à une température effective de 5758° voisine de celle du Soleil. Il constitue une solution correcte pour la relation $\theta(p)$ de l'atmosphère non grise, à laquelle nous avons comparé les solutions valables pour les atmosphères grises de même $T_e = 5\,758°$.

Tableau II.

log P.	— ∞.	4,4.	4,6.	4,8.	4,9.	5,0.
Température correcte	4492°	4746°	4985°	5367°	5650°	6065°
» avec moyenne Rosseland	4671	4898	5112	5484	5760	6184
» avec moyenne Planck	4671	4927	5164	5563	5909	6537

Il est clair que c'est la moyenne de Rosseland qui fournit la meilleure solution de première approximation. La température de surface est plus basse de 180° dans l'atmosphère non grise que dans les atmosphères grises.

Le détail de ces recherches sera publié ultérieurement.

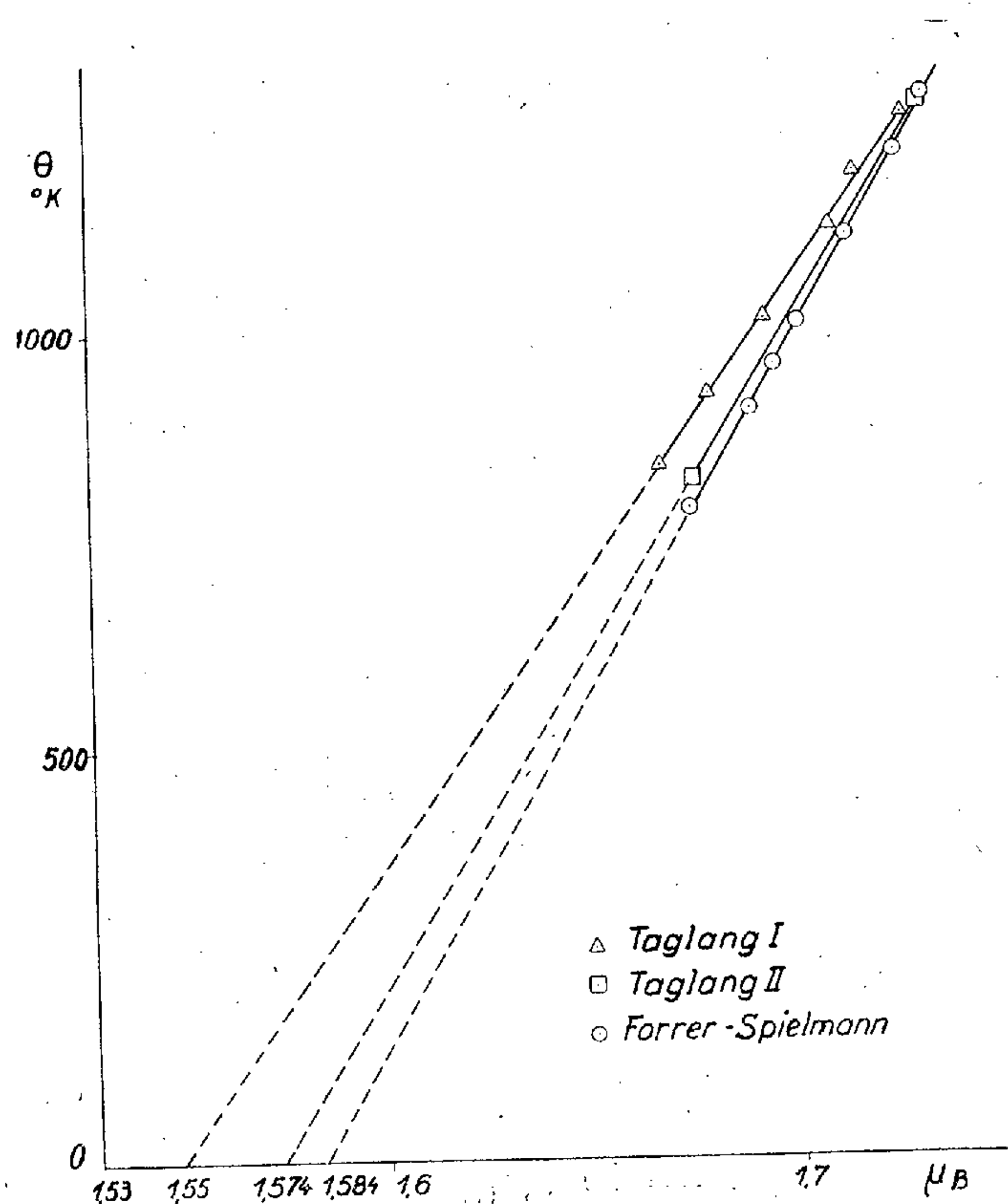
MAGNÉTISME. — *Relation entre les moments et les points de Curie d'alliages isoélectroniques du groupe fer-cobalt-nickel.* Note de M. **Pierre Taglang**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans un essai d'interprétation des moments atomiques des ferromagnétiques du groupe du fer [1], R. Forrer fut amené à distinguer deux parties du moment : 1° un moment de base augmentant de 1 μ_B par électron solitaire à l'état $3d$ et indépendant du point de Curie; 2° un moment supplémentaire relativement plus faible, variable avec la composition de l'alliage et en relation simple avec le point de Curie.

(4) *Z. f. Astrophys.*, **24**, 1948, p. 363.

(1) *J. de Phys.*, **10**, 1939, p. 181 et **1**, 1940, p. 74.

Afin d'éclaircir la relation entre le point de Curie et le moment, nous avons étudié une série d'alliages à titre électronique constant, nous affranchissant



ainsi de la variation du moment de base. Nous appellerons ces alliages : alliages isoélectroniques. La série étudiée a un titre électronique moyen $\bar{Z} = 27$.

Les alliages isoélectroniques ont été préparés par fusion sous vide dans un four H. F. à partir de fer et de nickel carbonyles et de cobalt électrolytique pur. Les moments ont été déterminés avec une grande précision (erreur $\pm 1/1000$) par la méthode d'extraction en utilisant un électroaimant du type Weiss-Forrer à axe vertical. L'appareil a été perfectionné pour diminuer l'effet des images magnétiques qui, dans les champs les plus forts, n'atteignent que 5 %. Le moment absolu s'obtient par extrapolation vers $H = \infty$ et $T = 0°$ K en admettant que l'aimantation est fonction de $1/H$ et de T^2. Les résultats de nos mesures ainsi que ceux non publiés de Forrer-Spielmann en 1939 avec l'ancienne installation de M. Forrer, sont rassemblés dans le tableau ci-après :

Forrer-Spielmann					Taglang						
Composition					Composition			I		II	
Fe %.	Co %.	Ni %.	μ_B.	θ° K.	Fe %.	Co %.	Ni %.	μ_B.	θ° K.	μ_B.	θ° K.
50	0	50	1,675	785	50	0	50	1,668	835	1,676	820
41,7	16,6	41,7	1,690	902	43,1	13,8	43,1	1,680	920	–	–
37,5	25	37,5	1,696	954	35	30	35	1,694	1010	–	–
34,4	33	34,5	1,701	1005	24,5	51	24,5	1,710	1120	–	–
25	50	25	1,714	1111	20,2	59,6	20,2	1,711	1185	–	–
16,6	66,8	16,6	1,726	1211	12,6	74,8	12,6	1,728	1255	–	–
12,5	75	12,5	1,733	1279	12,5	75	12,5	–	–	1,732	1270

En portant θ en fonction du moment nous obtenons une courbe, rectiligne aux erreurs d'expérience près qui, extrapolée vers $\theta = 0$, nous donne un moment $\mu_{\theta=0} = 1,57\,\mu_B \pm 0,02$. Cette valeur extrapolée est entachée d'une erreur relativement grande pour les raisons suivantes :

1° l'extrapolation est lointaine, la partie de la droite accessible à l'expérience ne faisant que 50 % de l'extrapolation;

2° une petite erreur de l'isoélectronicité des alliages entraîne une variation de la pente de la droite d'où une forte erreur sur le moment extrapolé.

En admettant que l'extrapolation linéaire soit permise et en tenant compte des expériences gyromagnétiques de A. Meyer (2), qui trouve que le moment total de ces alliages est dû à l'électron tournant, nous pouvons énoncer les conclusions suivantes. Les moments atomiques de ces alliages ferromagnétiques de titre électronique $\overline{Z} = 27$ se composent de deux parties distinctes :

1° Le moment de 1,57 μ_B indépendant du point de Curie, appelé moment de base. C'est le moment ferromagnétique qu'aurait un alliage de titre électronique $\overline{Z} = 27$ sans champ moléculaire. Ce moment, dû au spin, désigne le nombre moyen de trous de la couche $3d$ pour cet alliage.

2° Un petit moment supplémentaire, proportionnel au point de Curie. Puisque ce moment est dû lui aussi au spin des électrons solitaires de la couche $3d$, le champ moléculaire serait donc en relation avec une activation supplémentaire $3d \rightarrow 4s$ ou $4p$.

(2) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 708.

MAGNÉTISME. — *Mesure de l'effet gyromagnétique d'alliages ferromagnétiques isoélectroniques.* Note de M. **André J. P. Meyer**, présentée par M. Aimé Cotton.

Des alliages ferromagnétiques, du groupe Fe-Co-Ni, de différentes compositions, mais possédant un même nombre moyen d'électrons et cristallisant dans un même réseau se distinguent pourtant par des moments atomiques et des points de Curie différents. R. Forrer (1) attribua les différences des moments observés à un faible moment orbital des électrons solitaires $3d$, d'intensité variable suivant les constituants de l'alliage et venant s'ajouter à un moment de base constant pour le nombre électronique donné, dû au spin de ces électrons. Cette hypothèse s'appuyait sur les travaux de Barnett (2) dont les mesures de l'effet gyromagnétique des éléments et alliages ferromagnétiques suggéraient ces conclusions. Si celles-ci étaient correctes, deux alliages de même densité électronique devraient se distinguer par des facteurs de Landé différents, cette différence devant être en rapport avec celle des moments. Nous avons voulu vérifier expérimentalement cette relation.

Les mesures ont été faites par la méthode de résonance d'Einstein-de Haas. L'appareil décrit précédemment (3) a déjà servi à la mesure des rapports gyromagnétiques du fer et du nickel.

Nos mesures concernent quatre alliages. Les deux premiers qui possèdent un nombre moyen de 27 électrons par atome, cristallisent dans le système du cube à faces centrées. Ce sont le composé FeNi à 50 % at. et un alliage ternaire de composition (FeNi)-Co à 73,5 % at. Co. Les moments et points de Curie de FeNi sont respectivement de 1,673 μ_B et 527° C; ceux de (FeNi)-Co 73,5 % at. Co de 1,728 μ_B et 990° C. La différence des moments est de 3,3 %. Les deux autres alliages d'une densité électronique de 26,5 appartiennent au système du cube centré. Ce sont les alliages FeCo et Fe_3Ni. FeCo possède un moment de 2,42 μ_B (4) supérieur de 14,1 % à celui de Fe_3Ni qui est de 2,12 μ_B (5). Ces deux alliages passent à haute température à l'état γ non ferromagnétique du cube à faces centrées; leurs points de Curie s'extrapolent respectivement vers 1 100 et 800° C.

---

(1) *J. de Physique*, 1, 1940, p. 74.

(2) *Proc. Amer. Acad. of Arts and Science*, 75, 1944, p. 109.

(3) A. J. P. Meyer, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1934.

(4) P. Weiss et R. Forrer, *Ann. de Phys.*, 12, 1929, p. 297.

(5) M. Peschard, *Thèse*, Strasbourg, 1925.

Les résultats de nos expériences gyromagnétiques sont rassemblés dans le tableau suivant :

	FeNi.	(FeNi)—Co 73,5% at. Co.	FeCo.	Fe_3Ni.
Nombre de mesures......	1.	1.	3.	1.
g..................	1,988 ±0,017	2,017 ±0,022	1,998 ±0,015	2,070 ±0,072
|I-II|..............	0,002	0,004	0,006	0,023

Les facteurs de Landé trouvés semblent devoir correspondre à des facteurs réels $g = 2{,}00$, les écarts observés se trouvant dans les limites d'erreurs. La mesure de Fe_3Ni est rendue difficile par sa dureté magnétique déjà appréciable [d'après Peschard [5] $a = 29$ à 16°C]; l'erreur de 3,5 % n'est de ce fait pas considérable. La difficulté de cette mesure est confirmée par l'importance du terme $|I\text{-}II|$. Nous rappelons que ce terme [2], qui peut être considéré comme un critérium permettant de juger de la qualité de la mesure, représente la différence de deux valeurs de $\rho\, e/mc = 2/g$, observées pour deux mesures successives de l'amplitude gyromagnétique, avant et après inversion des fils d'amenée du courant à la bobine d'alimentation de l'appareil de mesure. Ces résultats permettent les conclusions suivantes :

1° Les alliages cubiques des éléments ferromagnétiques sont caractérisés par un facteur de Landé $g = 2{,}00$, déduit d'une mesure gyromagnétique. Leurs moments atomiques sont dus au seul spin de l'électron.

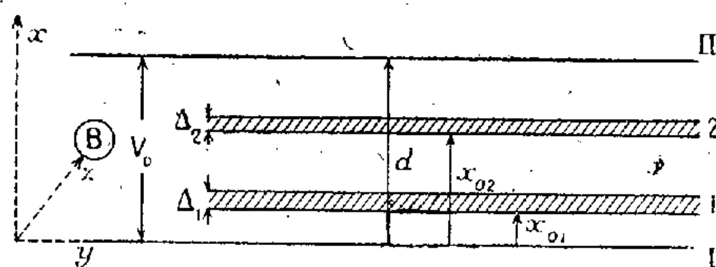
2° Les moments différents des alliages de même densité électronique ne se traduisent pas par des facteurs de Landé différents. Ces différences de moment ne peuvent être attribuées à un moment orbital venant s'ajouter à un moment de base dû au spin des électrons porteurs de moments. Même si le moment total de ces alliages peut être considéré comme composé de deux parties distinctes [6], d'un moment de base indépendant du point de Curie et d'un faible moment supplémentaire proportionnel au point de Curie, ceux-ci sont tous deux à attribuer au seul spin des électrons porteurs de moment. Les moments atomiques mesurés de ces alliages représentent exactement le nombre moyen d'électrons porteurs de moments, c'est-à-dire le nombre d'électrons solitaires de la couche $3d$ qui serait variable avec le point de Curie malgré la constance du nombre électronique moyen.

---

(6) P. Taglang, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 706.

ÉLECTRONIQUE. — *Amplification d'ondes électromagnétiques par interaction entre des flux électroniques se déplaçant dans des champs électrique et magnétique croisés.* Note (*) de MM. **Robert Warnecke**, **Oskar Dœhler** et **Werner Kleen**, présentée par M. Camille Gutton.

L'efficacité des amplificateurs *à ondes électroniques* connus peut être améliorée en leur donnant une structure telle que les électrons se déplacent normalement à des champs statiques électrique et magnétique croisés. On considère ici un tube amplificateur de cette sorte, où le rôle de circuit est joué par une charge d'espace électronique, de structure plane (*figure*), où deux



faisceaux 1 et 2 se déplacent dans la direction y, normalement à des champs statiques, magnétique B suivant z et électrique E suivant x (créé par une tension V_0 appliquée entre deux électrodes I et II, parallèles à la direction y). Ces champs sont tels que la force électrique eE est égale à la force de Lorentz ev_0B la vitesse des électrons est $v_0=(E/B)$; les trajectoires électroniques étant linéaires. Les champs électriques E sont supposés inhomogènes de façon que la vitesse des électrons dans les deux faisceaux ne soit pas la même (la variation de E due à la charge d'espace étant négligée). Les hypothèses sont : dans un faisceau, la vitesse des électrons est indépendante de x et de y, les deux faisceaux sont infiniment étendus suivant z, leurs épaisseurs Δ_1 et Δ_2 sont petites devant d, la différence entre la vitesse de deux faisceaux est petite devant celle d'un faisceau; celle-ci étant faible devant la vitesse de la lumière. Les champs électriques HF sont uniquement dérivés d'un potentiel scalaire. Le calcul est fait dans l'hypothèse de petits signaux et l'on suppose $\omega_2=|(eB/m)|\gg|\Gamma v_{0\,1,2}-\omega|$, $v_{0\,1,2}$ étant la vitesse des électrons respectifs 1 et 2, Γ est la constante de propagation des ondes dans le guide, ω la pulsation de l'onde incidente (onde TM).

Le mouvement relatif (cycloïdal) des électrons est négligé, c'est-à-dire que les trajectoires statiques sont rectilignes. Alors, τ étant le temps de transit et les indices 1 et 2 correspondant respectivement aux deux faisceaux, les trajectoires non perturbées sont $x_{1,2}=x_{0\,1,2}$, $y=\tau v_{0\,1,2}$. En admettant un potentiel

$$\varphi = V_0 f(x)\, e^{j\omega t - j\Gamma y}. \tag{1}$$

(*) Séance du 26 septembre 1949.

se propageant avec les faisceaux, les trajectoires et les vitesses perturbées sont déterminées à partir de l'équation du mouvement, en introduisant dans les champs alternatifs, les trajectoires non perturbées. L'équation de la conservation de l'électricité montre que la partie alternative de la densité de la charge est nulle et que les effets de la haute fréquence consistent en une variation des distances x et des épaisseurs Δ. Le potentiel HF est donné par l'équation de Poisson, en remplaçant les parois par les images des charges dans les faisceaux. Ces charges ont une distribution périodique en fonction de x de période $2d$. Cette distribution développée en série de Fourier fournit $\varphi = f(x, y)$, qui doit être égal à φ d'après l'équation (1). On obtient pour Γ l'équation

$$(2) \qquad 1 = \frac{P}{1 - \frac{\Gamma v_{0,1}}{\omega}} + \frac{Q}{1 - \frac{\Gamma v_{0,2}}{\omega}},$$

P et Q étant déterminés par les conditions de régime. On a pour Γ deux solutions complexes conjuguées, c'est-à-dire une onde amplifiée, l'autre atténuée, si un faisceau se trouve au-dessous, l'autre au-dessus de la ligne $x = (d/2)$.

La partie imaginaire de Γ, c'est-à-dire le gain du système considéré comme un amplificateur, est proportionnelle à $\sqrt{\mathcal{I}_1 \mathcal{I}_2}\, B^2 d^3/V_0^2$, $\mathcal{I}_1$ et $\mathcal{I}_2$ étant les courants de faisceau par centimètre [1]. L'effet trouvé rend compréhensibles certains phénomènes non encore interprétés dans le magnétron oscillateur : courant capté par l'anode pour un champ magnétique sensiblement supérieur au champ critique, haute température du gaz électronique, réchauffage de la cathode sans oscillation de grande puissance, existence de certaines oscillations de faible puissance. D'autre part, l'effet d'amplification dans un magnétron sans circuit paraît intéressant dans le domaine de très petites longueurs d'onde (de l'ordre du centimètre par exemple) parce qu'il est accompagné d'un rendement de conversion et d'un gain élevés [2].

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Sur les propriétés optiques des cristaux de chlorhydrate de conicine.* Note de M. **Jean Jaffray** et Mlle **Marie-Thérèse Desert**, présentée par M. Aimé Cotton.

Quelques propriétés optiques des cristaux orthorhombiques de chlorhydrate de conicine qui présentent le phénomène de croisement des axes optiques ont déjà été étudiées par l'un de nous, à des températures comprises

---

(1) En dehors de l'hypothèse $\omega_2 \gg |\Gamma v_0 - \omega|$, d'autres ondes sont possibles; pour ces ondes Γ est toujours réel.

(2) Certains moyens de mise en œuvre technique correspondant à ce principe ont été proposés dans la demande de brevet français déposée le 23 février 1949, sous le n° 568163.

entre 0 et 50°C et dans un domaine de longueurs d'onde limité par 3400 Å et 8400 Å ([1]).

Cette Note a pour but de résumer les mesures qui ont été faites aux basses températures, jusqu'à —182° et dans le proche infrarouge, jusqu'à 15000 Å environ, avec une lame parallèle à g_1 d'épaisseur $e = 2^{mm},08$, déjà utilisée précédemment.

Les montages réalisés sont les mêmes que dans l'étude citée plus haut, mais on a utilisé en plus un spectromètre à infrarouge du type Wadworth et, pour porter la lame cristalline aux basses températures, le dispositif décrit dans une étude récente consacrée aux propriétés optiques d'un cristal de cérusite aux différentes températures ([2]).

1. *Longueur d'onde d'uniaxie.* — La longueur d'onde d'uniaxie λ_0 croît constamment avec la température, de façon à peu près linéaire, comme l'indique le tableau suivant :

θ°C.	—182°.	—79°.	0°.	20°.	50°.
λ_0 Å.	5320	5790	6160	6265	6420

Entre 50° et —182°, la radiation d'uniaxie passe donc du rouge au vert.

2. *Biréfringence des lames g_1.* — Soit $b = n_m - n_\mu$ la biréfringence d'une lame g_1, normale à la bissectrice aiguë de l'angle des axes optiques. Comme aux températures proches de l'ordinaire, on trouve qu'aux basses températures les courbes be en fonction de $1/\lambda^2$ sont approximativement rectilignes, avec une légère concavité vers le haut. A une température donnée, on peut donc écrire $be = A + B/\lambda^2 + C/\lambda^4$.

De plus, pour une longueur d'onde donnée, le produit be reste une fonction croissante de la température entre —182° et 50°C.

Voici les valeurs du produit be pour quelques longueurs d'onde et pour les températures extrêmes — 182 et 50° :

θ°. λ......	4000 Å.	5000.	6000.	70000.
—182°...........	0,00218	0,00038	—0,00050	—0,00102
50°...........	0,00354	0,00133	0,00031	—0,00035

3. *Ordre d'interférence.* — L'un de nous a signalé ([1]) qu'il est probable que l'ordre d'interférence $J = b/\lambda$ passe par un minimum pour une certaine longueur d'onde λ_m et que, pour la température ordinaire, cette longueur d'onde doit se trouver dans le proche infrarouge.

Ceci a été vérifié à 20° en étudiant le spectre cannelé jusqu'à 15000 Å avec le

([1]) J. Jaffray, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 132 et 215, 1942, p. 489; *J. de Phys.*, 4, 1943, p. 154.

([2]) J. Jaffray et J. Roche, *Ann. de Phys.*, 4, 1949, p. 105.

spectromètre à infrarouge. On trouve alors que J passe par un minimum vers 12000 Å.

En résumé, les propriétés optiques des cristaux de chlorhydrate de conicine varient régulièrement entre — 182° et 50°.

RADIOACTIVITÉ. — *La radioactivité de quelques sources au Liban et en Syrie.* Note de M. **François Dupré la Tour**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Je présente ci-après le résultat d'une série de mesures faites sur l'eau des principales sources du Liban et de Syrie.

Le prélèvement a été fait aussi près que possible du point d'émergence de l'eau, dans des ballons de deux litres, préalablement vidés d'air. Les sources dont il s'agit n'étant pas, en général, aménagées, il arrive que l'eau, au point où elle peut être atteinte, est déjà demeurée un certain temps à l'air libre, en sorte qu'une partie des gaz a pu se dégager.

La méthode employée pour la mesure est la méthode classique (1). L'appareil est installé à la Faculté de Médecine de Beyrouth : les résultats ont été corrigés en tenant compte du temps écoulé pour le transport de la source au laboratoire.

Un soin spécial a été apporté à la construction de la chambre d'ionisation et de l'électromètre, afin d'accroître la sensibilité. L'appareil peut ainsi déceler une radioactivité de l'ordre de $5 \cdot 10^{-12}$ curie dans un litre d'eau. Des précautions spéciales sont alors nécessaires pour éviter toute trace d'humidité. L'étalonnage est refait avant chaque mesure au moyen d'une source de rayons α (oxyde d'uranium) dont le pouvoir ionisant, dans des conditions toujours identiques, a été déterminé à l'aide d'une solution d'un sel étalon de radium fourni par l'Institut du Radium de Paris.

Voici la teneur en radon des sources examinées :

	Date du prélèvement.	Température de la source.	Millimicrocuries par litre.
Source de Dmair (Syrie)	30 juin 1949	33°	0,51
» de Cheikh Issa (Syrie)	4 juill. 1949	38	6,15
» de Palmyre (Syrie)	7 »	28	2,4 (2)
» de Soukhné (Syrie)	7 »	38	1,46
» du Naas à Bikfaya (Liban)	11 août 1949	11,5	0,14
» Aïn es Saha à Falougha (Liban)	16 »	15,5	0,17
» du Fleuve du Chien (Liban)	18 »	15	0,046
» de Bouqqain (Syrie) (3)	22 »	12,1	0,50
» de Madaya (Syrie)	22 »	12,5	0,48
» de Ghiné (Liban)	27 »	16,5	0,007

(1) Je me suis référé en particulier aux publications de M. Lepape.

(2) Mesure nettement inférieure à la réalité à cause des mauvaises conditions du prélèvement.

(3) Les eaux de Bouqqain et de Madaya ont été recueillies par M. Dubertret.

Ces différentes eaux ont été examinées également au point de vue de leur teneur en radium. Le ballon était fermé après ébullition, et l'on faisait une nouvelle mesure de l'émanation après un intervalle de temps suffisant.

Seule, la source de Palmyre (Syrie) contient une quantité de radium mesurable par la méthode indiquée. Cette quantité est égale à $71 \cdot 10^{-12}$ g/l.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur la détection micrographique de la fragilité de revenu des aciers au carbone faiblement alliés.* Note (*) de M. **Pierre-A. Jacquet**, présentée par M. Pierre Chevenard.

A froid, les aciers au carbone renfermant de faibles additions de certains éléments, tels que le nickel, le chrome, le manganèse, ont, après revenu vers 625° suivi de trempe, une cassure tenace; mais ils peuvent acquérir une fragilité plus ou moins prononcée quand le revenu est suivi d'un refroidissement très lent. Jusqu'à ces dernières années, aucune différence nette n'avait pu être observée entre les micrographies de ces deux états d'un même acier.

De récents travaux ([1]) ont montré qu'une solution éthérée d'acide picrique, additionnée d'un composé tensio-actif approprié, qui paraît agir en favorisant le mouillage de la surface polie, révèle beaucoup mieux les joints de grains de l'acier rendu fragile. Toutefois, la méthode est d'application délicate et ses résultats sont encore discutables.

La principale difficulté signalée est la préparation de la surface avant l'attaque. La substitution du polissage électrolytique au polissage mécanique nous a conduit à simplifier la technique et à beaucoup améliorer la qualité des micrographies.

Les essais ont porté sur deux aciers commerciaux, de sensibilités très différentes à la fragilité de revenu, dont le Tableau I donne les caractéristiques ([2]).

Les sections sont examinées à l'état poli (électrolyte dilué en acide perchlorique) ([3]) et, après attaque dans différents réactifs, les plus intéressants étant les solutions éthérées d'acide picrique ou d'acide perchlorique, sans addition spéciale, le réactif de Benedicks, et le bain de polissage chauffé à 40°. En outre, les réactifs classiques (de Murakami, picrate alcalin, etc.) apportent certains renseignements complémentaires.

A l'état non fragile, les contours des grains de l'acier A sont généralement élargis et diffus et à l'intérieur de ces grains on ne distingue pas de structure nette. A l'état fragile, les joints sont au contraire bien marqués, quoique déliés,

---

(*) Séance du 3 octobre 1949.

([1]) J. B. Cohen, A. Hurlich et M. Jacobson, *Trans. Amer. Soc. Metals*, **39**, 1947, p. 109; D. McLean et L. Northcott, *J. Iron Steel Inst.*, février 1948, p. 169.

([2]) Ces caractéristiques nous ont été communiquées par M. Yvon Bonnard.

([3]) P.-A. Jacquet, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 556; *Rev. Métallurgie*, **46**, 1949, p. 214.

et la structure intragranulaire présente des stries et des bandes orientées; les attaques de durée très courte montrent que la dissolution des joints, loin d'être uniforme, fait apparaître des chapelets de sphérules ou de bâtonnets, prouvant qu'il ne s'agit pas d'une simple corrosion intergranulaire.

Il ne s'agit pas non plus de carbures, ceux-ci étant dispersés sous forme de micro-inclusions sphéroïdisées, toujours localisées dans les grains, à l'exclusion de leurs limites.

Tableau I.

Acier.	Composition (en %).	Traitement thermique.	Résilience K.U.F. à l'ambiante.
A....	C 0,30; Si 0,17; Mn 0,35; P 0,014; S 0,007; Ni 3,25; Cr 1,65; Cu 0,205; Mo traces	1. Trempe à l'huile à 850°. Revenu à 650°, 15 min. Trempe à l'eau	13 kgm/cm²
		2. Trempe à l'huile à 850°. Séjour 24 heures à 525° suivi d'un refroidissement très lent au four (13 degrés par heure jusqu'à 380°, ensuite refroidissement naturel du four fermé	2 »
B....	C 0,22; Si 0,25; Mn 0,50; P 0,016; S traces; Ni 2,28; Cr 0,50; Cu 0,115; Mo 0,45	Identique au traitement 1	15-16 »
		» » 2	9 »

Contrairement à l'acier A, la structure de l'acier B aux deux états trempé et refroidi lentement, est déjà discernable sur la surface polie; elle le devient mieux encore, spécialement en ce qui concerne les contours des grains, après action des réactifs spécifiques des carbures. Ainsi peuvent être différenciés les deux types, alors que l'attaque en milieu éthéré, ou dans le réactif de Benedicks, conduit à attribuer à l'acier B, pourtant à peine susceptible de fragilité, la structure caractérisant l'état fragile de l'acier A.

En conclusion, la fragilité de l'acier A ne paraît pas pouvoir être attribuée ici à des ségrégations intergranulaires de carbures, mais plutôt, selon l'opinion déjà exprimée ([4]), à un enrichissement en carbone des joints de grains, enrichissement qui se ferait par diffusion à partir des zones déjà riches qui bordent les grains à l'état trempé. L'absence de telles zones dans l'acier B trempé, et la présence d'un précipité de carbures qui doit gêner l'insertion éventuelle de nouveaux atomes de carbone sur les joints, expliqueraient la très faible tendance de cet acier à acquérir la fragilité de revenu.

Il est intéressant de signaler que l'examen micrographique de la section

---

([4]) D. McLean et L. Northcott, *loc. cit.*

d'une éprouvette fragile dont la surface a été polie mécaniquement (jusqu'à l'alumine 24 heures), révèle sous cette surface une zone épaisse de 1 à 2$^{\mu}$, où la structure normale est fortement perturbée. Ceci explique : 1° des désaccords entre les résultats de divers expérimentateurs qui ont tous utilisé la préparation mécanique ([5]); 2° l'avantage du polissage électrolytique qui, en dissolvant intégralement les couches superficielles, met à nu la structure vraie, et permet aux réactifs d'attaque d'en révéler les fins détails.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Comparaison entre les grandeurs caractérisant la réactivité chimique dans le cas de la quinoléine.* Note (*) de MM. **Camille Sándorfy** et **Pierre Yvan**, présentée par M. Louis de Broglie.

R. H. Busso, O. Chalvet, R. Daudel, C. Sándorfy et C. Vroelant ([1]) ont effectué une étude comparative de différentes grandeurs caractérisant la réactivité chimique dans le cadre des méthodes des orbitales moléculaires ([2]) et des états de spin ([3]) pour les hydrocarbures. P. Yvan a étudié de la même manière le cas de la pyridine ([4]).

Ici, nous nous proposons de rendre compte des résultats concernant la quinoléine, afin de voir dans quelle mesure les relations obtenues entre les grandeurs considérées dans le cas des hydrocarbures se généralisent à celui de molécules hétéroatomiques d'une structure plus compliquée.

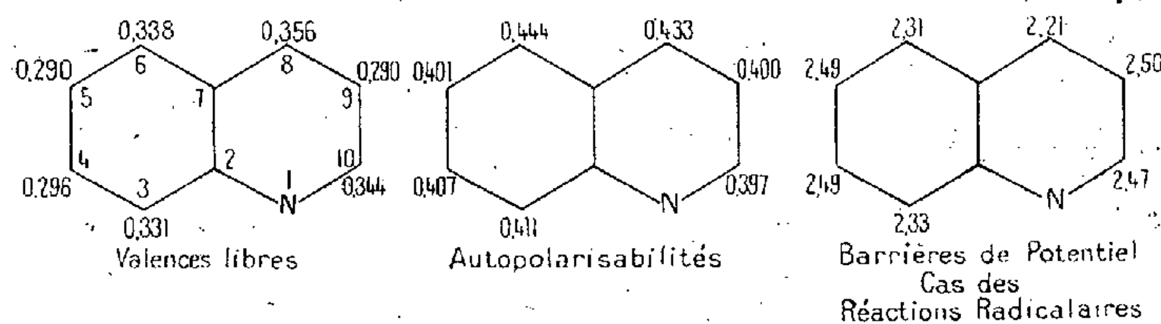


Fig. 1.

Dans nos calculs, nous avons donné à l'intégrale coulombienme relative à l'azote ([2]) la valeur $\alpha_N = \beta$ et nous avons négligé les intégrales de recouvrement.

Dans la figure 1 nous avons réuni les résultats concernant les réactions

---

([5]) Voir par exemple I. R. Lamborn, *Australasian Engineer*, 8 nov. 1948, p. 39.

(*) Séance du 3 octobre 1949.

([1]) *Colloque international de Nancy*, 1949 (sous presse).

([2]) *Voir*, par exemple, C. A. Coulson et H. C. Longuet-Higgins, *Rev. Scient.*, **85**, 1947, p. 929-937.

([3]) C. Vroelant et R. Daudel, *Bull. Soc. Chim. France*, **16**, 1949, p. 36 et 217 et *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 399.

([4]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 622.

radicalaires. Le premier diagramme donne les valences libres, le second les autopolarisabilités ([5]) des atomes et le troisième les *barrières de potentiel* calculées à la manière de G. W. Wheland ([6]). Le tableau I donne l'ordre (décroissant) des réactivités des atomes prévu par chacune de ces trois grandeurs. C'est la réactivité de l'atome 10 (*voir* la numérotation sur le premier diagramme de la figure 1) qui semble la plus douteuse, et ce serait un cas intéressant où l'expérience permettrait de choisir entre les diverses grandeurs approximatives de la théorie. Notons également l'inversion concernant les sommets 6 et 8, les plus réactifs de la molécule. Les points ainsi obtenus se placent encore assez bien sur la courbe reliant les autopolarisabilités aux *barrières de potentiel* relatives aux réactions radicalaires dans le cas des hydrocarbures établie par R. H. Busso, O. Chalvet, R. Daudel, C. Sándorfy et C. Vroelant, mais moins bien cependant que dans le cas de la pyridine.

TABLEAU I.

Ordre décroissant des réactivités des différents sommets dans le cas des réactions radicalaires d'après :

Les valences libres.	Les autopolarisabilités.	Les barrières de potentiel.
$8>10>6>3>4>5=9$	$6>8>3>4>5>9>10$	$8>6>3>10>5=4>9$

TABLEAU II.

Ordre décroissant des réactivités des différents sommets d'après :

	Les charges.	Les barrières de potentiel.
Cas des réactions électrophiles.	$3>9>5>6>4>8>10$	$3>6>5>9>8>4>10$
Cas des réactions nucléophiles.	$10>8>4>6>5>9>3$	$8>10>6>3>4>5>9$

La figure 2, ainsi que le tableau II, permettent d'étendre cette comparaison

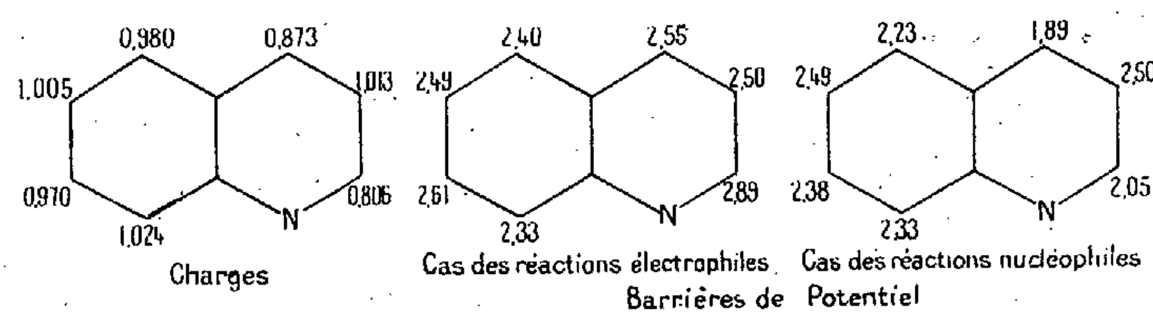


Fig. 2.

au cas des réactions électrophiles et nucléophiles. Comme pour la pyridine, on constate que seule la prise en considération simultanée des charges, et des autopolarisabilités ou des valences libres permet un classement raisonnable des réactivités, classement qui semble être mieux traduit par les seules *barrières de potentiel* de G. W. Wheland. Un atome peu chargé, mais possédant une grande autopolarisabilité apparaît ainsi comme pouvant acquérir une réactivité importante.

([5]) C. A. COULSON et H. C. LONGUET-HIGGINS, *Proc. Roy. Soc.*, A, **191**, 1947, p. 40.
([6]) *J. Am. Chem. Soc.*, **64**, 1942, p. 900.

L'ensemble de ces résultats s'insère bien dans le cadre de l'étude de N. P. Buu Hoï et R. Daudel ([7]), qui ont constaté un accord satisfaisant entre les prévisions théoriques et les faits expérimentaux.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Structure électronique, couleur et propriétés chimiques du dibiphénylèneéthylène et du dibiphénylènebutadiène.* Note de MM. **Bernard Pullmann** et **Gaston Berthier**, présentée par M. Louis de Broglie.

On admet habituellement comme règle générale ([1]) qu'en l'absence des facteurs stériques, l'augmentation des dimensions d'un système conjugué produit toujours un déplacement bathochrome du spectre. Nous avons montré récemment que cette conception est erronée et que des effets hypsochromes peuvent être provoqués, dans certains cas, lors de l'allongement de la chaîne, par la seule évolution de la conjugaison, sans intervention des effets stériques. Les meilleurs exemples à l'appui de cette thèse sont fournis par les séries : *a*. fulvène, benzofulvène, dibenzofulvène ([2]); *b*. parabenzo-, paranaphto-, para-anthraquinodiméthanes et les quinones correspondantes ([3]). Des calculs que nous venons d'effectuer pour la série des composés (I-II-III) indiquent que dans cette série également on doit s'attendre à l'existence d'un effet hypsochrome avec l'allongement de la chaîne et cela abstraction faite de tout facteur stérique. Le tableau donne les énergies des orbitales moléculaires dans ces

$\frac{E-\alpha}{\gamma}$	Composés. (I).	(II).	(III).
Orbitales non occupées	–	–	−4,2351
	–	−4,3087	−3,6636
	−4,4876	−3,1897	−2,7170
	−2,7170	−2,7170	−2,7170
	−2,7170	−2,7170	−2,0797
	−1,9321	−1,0553	−0,7309
	0,2389	0,1776	0,1404
Orbitales occupées	0,5353	0,5353	0,5353
	0,5353	0,5353	0,5353
	0,8000	0,6908	0,6055
	1,2700	1,0151	0,8884
	1,4614	1,3660	1,1520
	–	1,4311	1,3933
	–	–	1,4188

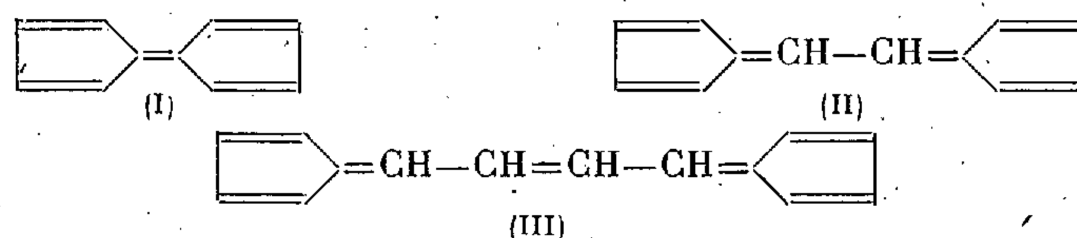
([7]) *Bull. Soc. Chim. France* (sous presse).

([1]) Cela même dans des publications récentes et par ailleurs excellentes sur la théorie de la couleur, comme par exemple A. Maccoll, *Quater Rev.*, 1, 1947, p. 16; A. D. Walsh, *Quater Rev.*, 2, 1948, p. 73.

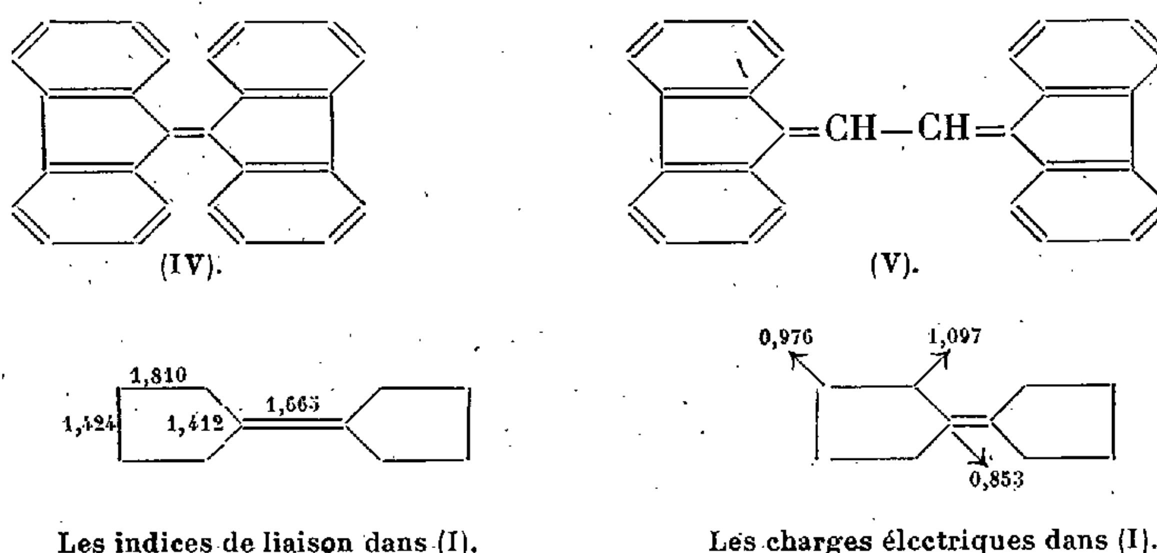
([2]) A. Pullmann, B. Pullmann et P. Rumpf, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 757.

([3]) A. Pullmann, G. Berthier et B. Pullmann, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 450.

corps, calculées par la méthode des orbitales moléculaires ([4]), compte tenu de l'intégrale de recouvrement, $S = 0{,}25$. L'augmentation de l'énergie de la transition dans $N \rightarrow V_I$ [égale à $0{,}2694\,\gamma$ dans (I), à $0{,}3577\,\gamma$ dans (II) et à $0{,}3949\,\gamma$ dans (III)], qui détermine la position de la plus longue bande d'absorption, indique l'existence d'un effet hypsochrome.



Les composés (I-III) sont hypothétiques mais on en connaît des dérivés benzéniques tels le dibiphénylèneéthylène (IV) et le dibiphénylènebutadiène (V). Les valeurs des transitions $N \rightarrow V_1$ de ces corps diffèrent naturellement de celles de (I) et (II); si l'on en juge par les résultats obtenus pour le fulvène et le benzofulvène, elles doivent être *plus élevées* dans (IV) et (V) que dans (I) et (II), mais leur évolution avec l'allongement de la chaîne doit être analogue. On peut donc prévoir l'existence d'un effet hypsochrome en passant de (IV) à (V) et, en effet, alors que (IV) est rouge, (V) n'est que orangé. Eistert ([5]) et Fenimore ([6]) ont attribué ce phénomène à l'influence des facteurs stériques. Nos calculs indiquent que l'existence même de l'effet est indépendante de tels facteurs et résulte simplement de particularités dans l'évolution de la distribution des niveaux énergétiques de ces corps en fonction de l'allongement de la chaîne. Cela n'exclut pas un rôle secondaire du facteur stérique dans (IV) qui n'est pas rigoureusement plan ([6]) ([7]). Un point curieux et exceptionnel est que $E - \alpha/\gamma$ pour la première orbitale non occupée est dans toutes ces molécules de même signe que pour les orbitales occupées.



Les indices de liaison dans (I).   Les charges électriques dans (I).

([4]) Pour des détails, *voir*, par exemple, référence ([2]) et ([3]).

([5]) B. Eistert, *Chemismus und Konstitution*, 1, 1948, Stuttgart.

([6]) C. P. Fenimore, *Acta Cryst.*, 1, 1948, p. 295.

([7]) E. D. Bergmann, *Isomerism and isomerisation of organic compounds*, 1948, Interscience Publishers Inc. N. Y.

L'étude, à titre d'exemple, de la distribution des indices de liaisons et des charges électriques dans l'état fondamental (singulet) de (I) indique plusieurs points intéressants : *a*. L'indice de la liaison médiane est particulièrement bas pour une liaison *double*. Il est, en fait, à peine de l'ordre de grandeur de celui d'une liaison du benzène (0,667). A ce fait peut être rattachée en partie l'absence apparente, soulignée récemment par Bergmann ([7]), de l'isomérie *cis-trans* dans (IV) et dans des composés analogues comme le dixantylène, le diflavylène, la dianthraquinone, l'indigo etc. *b*. Même dans leur *état fondamental*, les molécules (I-V) présentent une distribution non homogène des charges, ce qui est important pour l'interprétation des réactions apparemment exceptionnelles de (IV).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Union labile de l'oxygène au carbone. Influence des substituants sulfurés en 2 sur la photooxydation des mésodiphénylanthracènes.* Note de M. **Robert Panico**, présentée par M. Charles Dufraisse.

L'influence mobilisante qu'exerce le groupement méthoxyle sur l'oxygène des photooxydes mésodiphénylanthracéniques revient sans doute au phénomène de mésomérie dû aux doublets libres d'électrons de l'atome d'oxygène ([1]).

Cette propriété devrait se retrouver lorsque l'oxygène est remplacé par un élément analogue : le soufre. Ce dernier, en plus de son influence propre, vis-à-vis du phénomène de l'union labile de l'oxygène au carbone, pourrait constituer un accepteur d'oxygène, soit à la photooxydation, soit à la dissociation.

J'ai étudié le comportement des thioéthers et thioesters décrits dans une précédente Note ([2]). Les solutions sulfocarboniques à 0,5 ‰ de ces mésodiphénylanthracènes sulfurés insolées pendant 20 à 30 minutes, par beau temps, donnent les photooxydes avec un rendement de 60-70 %. Une insolation plus prolongée provoquerait la résinification du produit. Le photooxyde de méthylthio-2 diphényl-9.10 anthracène : $C_{27}H_{20}O_2S$ (I) (F_{inst} 205°) se dissocie dès la température de 145° en libérant 80 % de son oxygène; il y a régénération du méthylthio-2 diphényl-9.10 anthracène accompagnée d'une résinification partielle.

Dans les mêmes conditions de chauffage, la thermolyse du photooxyde méthoxylé correspondant (II) ne se produit qu'à 155°, avec un rendement en oxygène pur de 94 % ([1]). Il semble donc que le substituant thiométhylé en β ait sur l'oxygène une action mobilisante plus accentuée que celle du méthoxyle.

J'ai retrouvé des résultats analogues avec le photooxyde d'acétylthio-2 diphényl-9.10 anthracène : $C_{28}H_{20}O_3S$ (III) (F_{inst} 185°-186°). La dissociation

([1]) Ch. Dufraisse, R. Demuynck et A. Allais, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 487-489.
([2]) Ch. Dufraisse et R. Panico, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 273-275.

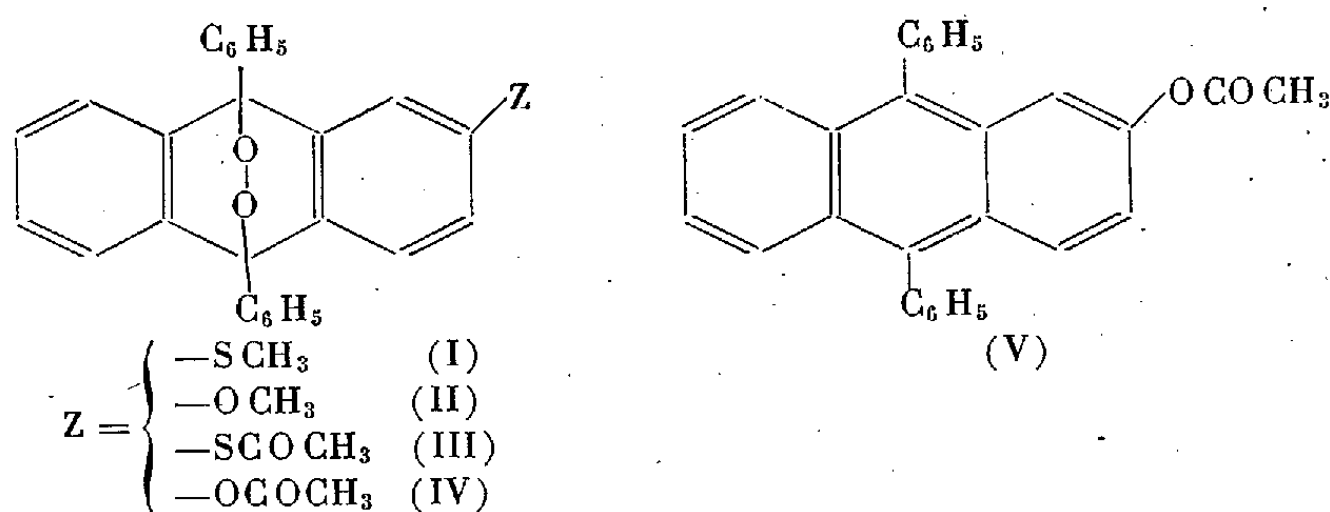
se produit en effet à 140° avec libération de 82 % de l'oxygène du photooxyde, régénération de l'acétylthio-2 diphényl-9.10 anthracène et formation de résines.

Pour comparaison, j'ai préparé l'acétoxy-2 diphényl-9.10 anthracène : $C_{28}H_{20}O_2$ (V) (F_{inst} 184°). Ce corps s'obtient par estérification du phénol correspondant [3] au moyen de l'anhydride acétique. Son photooxyde : $C_{28}H_{20}O_4$ (IV) (F_{inst} 182°) subit la dissociation thermique à 150° en restituant 91 % de son oxygène; l'acétoxy-2 diphényl-9.10 anthracène régénéré est presque pur.

L'atome de soufre directement lié au noyau anthracénique en position β, a donc bien une influence propre vis-à-vis du comportement à la thermolyse des photooxydes mésodiphénylanthracéniques : il accentue légèrement l'état de labilité de l'oxygène, puisque la dissociation se produit à une température de 10° plus basse que dans le cas des dérivés oxygénés correspondants.

Toutefois le rendement en oxygène pur est abaissé de 10 % environ. Cette diminution pourrait être imputable à l'oxydation du soufre : les résidus de la thermolyse sont en effet résineux, tandis que dans le cas des photooxydes de méthoxy-2 et acétoxy-2 diphényl-9.10 anthracène, la décomposition thermique ne résinifie pratiquement pas les produits.

Le soufre a donc deux influences opposées : l'une favorable au phénomène de l'union labile (analogue à celle de l'oxygène), se manifestant par l'abaissement de la température de dissociation, l'autre, défavorisante, qui se traduit par une baisse des rendements en photooxyde et en oxygène libéré par chauffage.



$Z = \begin{cases} -SCH_3 & (I) \\ -OCH_3 & (II) \\ -SCOCH_3 & (III) \\ -OCOCH_3 & (IV) \end{cases}$

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Évolution morphotectonique du Jura septentrional pendant le Miocène supérieur et le Pliocène.* Note de M. **Louis Glangeaud**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Quatre catégories de dépôts continentaux, contenant des élements siliceux, peuvent être distingués, dans le Jura comtois, entre Montbéliard et Lons-

(3) A. Étienne et R. Heymes, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1252.

le-Saunier. La première, les « argiles à chailles », devait être formée, primitivement, par des galets roulés, inclus dans une argile sableuse. L'argile a, en partie disparu par lexivation. Les galets de chailles sont restés sur place et ont souvent éclaté en fragments anguleux. Ainsi transformés par les actions pédologiques et atmosphériques, au cours des périodes chaudes et froides du Pliocène et du Quaternaire, ils présentent : facettes, patine, rubéfaction, dissolution, etc.

Une deuxième formation, en bordure du faisceau bisontin et dans la région de Montferrand et Rozet-Fluans, offre, comme éléments caractéristiques, des galets dont la cassure est blanche ou grise et lustrée. Ces galets atteignent jusqu'à 30cm de côté; les uns sont ellipsoïdaux; les autres, tétraédriques ou parallélépipédiques, présentent des faces plus ou moins aplanies, mais avec des angles fortement émoussés. Cette « argile à quartzites » contient parfois des chailles et quelques éléments d'origine vosgienne.

La troisième formation est constituée par des cailloutis à ciment argilo-sableux jaune ou gris, qui, à leur base, sont souvent consolidés. On y observe, en plus des éléments repris dans les formations précédentes, des galets d'origine variée : les uns vosgiens et d'autres probablement alpins. Ces *sables à galets*, affleurent dans la forêt d'Arne, à la partie inférieure de la forêt de Chaux (falaise de Montbarrey), au Sud de Parcey. Nous les avons observés plus au Sud dans des puits, à Arc et Senans, à Cramans et en bordure de la Bresse, jusqu'à Desne (feuille de Lons-le-Saunier). Leur composition est analogue à celle des alluvions du Sundgau étudiée par M. Dirrig. Dans la carrière de Desne, le niveau inférieur des alluvions sableuses, m'a fourni *Mastodon arvernensis* et *Rhinoceros leptorhinus* (détermination Thoral). A Parcey, au même niveau, un Mastodon a été déterminé comme *M. longirostris*. L'existence de ces Vertébrés et d'autres considérations nous font attribuer les sables à galets, à la base du Pliocène. A la partie supérieure de cette formation, dans la falaise de Montbarrey et dans une partie de la forêt de Chaux, des horizons aliotiques (castillot) formés de gœthite, sont dus à des phénomènes pédologiques intenses.

En plus d'une patine et d'actions éoliennes, les galets de Montbarrey présentent des phénomènes de décomposition et d'effritement. Les feldspaths sont fortement kaolinisés, les filonnets de calcite ont été dissous, les calcaires et quartzites sont devenus poreux et légers, etc. Ces phénomènes semblent liés aux échanges de base qui ont accompagné la podzolidation. La partie supérieure de la formation de Desne-Montbarrey a ensuite subi des phénomènes de cryoturbation. Dans la falaise de Montbarrey, une fente avec galets dressés, coupe tous les niveaux, y compris les paléosols, sur une hauteur de 5m. Des solifluxions importantes affectent aussi les sables argileux à lignites de Chaumergy.

A Montbarrey, les sables à galets ont été érodés et recouverts par la *série supérieure de la forêt de Chaux*, de teinte blanche ou ocre, dont les galets sont

analogues à ceux de la formation inférieure, avec, en plus, des éléments calcaires. Cette quatrième série contient aussi des bancs de sables qui ont été exploités pour la verrerie; elle se termine généralement par des limons à gley, décrits par MM. Lachaussée et Plaisance. A Desne, les sables à Mastodon, étudiés par M. Cornet, sont recouverts par un cailloutis riche en calcaires jurassiques.

En tenant compte de nombreuses données, on peut ainsi reconstituer l'histoire de la Franche-Comté : à la fin du Vindobonien, le Jura septentrional formait un glacis qui descendait depuis les Vosges jusqu'à la limite de la mer miocène, dans la région de Pontarlier. C'est la *surface supérieure d'Ornans*, de Chabot, qui, ainsi que M. Dreyfuss et moi l'avons montré, est antérieure au paroxysme pontien. L'érosion qui attaquait les régions en voie de surrection a d'abord recouvert ce glacis de cailloutis à chailles, provenant de la destruction de l'Argovien dans des conditions semi-arides. Par suite de l'émersion du faisceau helvétique, la *surface de Trepot* et de la *Jeurande*, qui est aussi antérieure au paroxysme orogénique, s'encaissa dans la surface précédente [1]. La surrection accrue des Vosges y apporta des galets d'origine vosgienne et notamment les blocs des *argiles à quartzite*. Ces derniers sont probablement contemporains des *blocs pérégrins* d'âge Pontien du Jura alsacien.

Après ces épisodes pontiens, le drainage du Jura septentrional subit des modifications profondes. Il devint Est-Ouest par suite du plissement des faisceaux helvétique et bisontin qui s'accompagnait de l'affaissement de la Bresse.

Un fleuve amena alors par la gouttière bordant le faisceau bisontin, des cailloutis à éléments alpins, depuis les Vosges et l'Alsace (Sundgau) jusque dans le lac bressan. Il déposa, dans ce lac, les cailloutis inférieurs de la forêt de Chaux qui, comme ceux du Sundgau, dateraient du Pliocène inférieur ou moyen. Ces cailloutis à Mastodon, quoique postérieurs au paroxysme d'âge pontien, ont néanmoins subi des déformations, déjà signalées en Alsace par A. Briquet et N. Theobald. Cette phase orogénique ultime amena la formation d'un bombement séparant la cuvette du Sundgau de celle de la Bresse. Les cailloutis pliocènes ont presque complètement disparu, sur ce dôme, dans la région de Besançon. Sur son bord Ouest (forêt de Chaux), ils ont été érodés. Une podzolidation intense produisit alors des minerais de fer (castillot et grenaille), sur toute la bordure Nord du Jura entre le Sundgau et la Bresse.

Puis, une période de froid rigoureux superposa son action aux phénomènes pédologiques précédents. Au-dessus de cette série pliocène, ainsi modifiée, les cailloutis supérieurs de la forêt de Chaux ont achevé le remblaiement de la Bresse jusqu'à la cote de 276^{m} (60^{m} au-dessus du Doubs actuel).

---

(1) L. Glangeaud, *Bull. Soc. Hist. nat. Doubs*, 52, 1948, p. 5-16; M. Dreyfuss, *C. R. somm. Soc. géol. France*, n° 11, 1949, p. 236-237.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Importance du défonçage périglaciaire dans l'élaboration des formes glaciaires* (¹). Note de M. **Marc Boye**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Le relief de l'Yderland de l'Ege (Baie de Disko, Côte occidentale du Groënland) se caractérise par une série de crêtes, semblablement dissymétriques, orientées SE-NW et en gros parallèles au front de l'Inlandsis. De nombreuses blocailles morainiques, abandonnées çà et là, attestent que l'Inlandsis a recouvert la région, s'écoulant d'Est en Ouest (stries E-W). Les vallées subséquentes portent la trace (vallées et lacs de barrage morainique) du passage de langues glaciaires post-inlandsisiennes transfluant d'un exutoire à l'autre, dont les stries SE-NW n'oblitèrent pas complètement les empreintes inlandsisiennes; c'est donc que les talwegs étaient antérieurs aux transfluences.

Pourtant il est difficile d'en attribuer le creusement à l'inlandsis car, dans ce cas, il aurait été capable d'élaborer des reliefs monoclimaux *transversaux* à l'écoulement de ses glaces; or :

1° Il y a disproportion entre le volume relativement faible des moraines inlandsisiennes déposées sur l'Yderland et l'énormité de l'appareil glaciaire.

2° Les indices d'émoussé (²) de la moraine bordière sont extrêmement faibles (0,005 à 0,080 contre 0,270 à 0,360 dans les formations marines proches). De plus, ils sont très voisins de ceux des moraines latérales des effluents *alimentées par gélivation des versants*, ce qui donne à penser que le matériel de la moraine bordière ne vient pas non plus de loin.

3° Certains détails morphologiques préglaciaires, mêmes infimes, ont été ménagés par les glaces inlandsisiennes, en particulier des excavations triédriques striées, logements en blocs éjectés par le gel dont la striation ne peut être que postérieure à l'éclatement cryoclastique.

Ainsi l'action de creusement de l'Inlandsis semble limitée à un modelé superficiel : stries, moutonnements ou simplement poli glaciaires.

4° Enfin des cirques entament l'alignement des crêtes. Leur style n'implique pas obligatoirement une origine glaciaire : présentement certaines microformes évoluent exclusivement sous l'action de facteurs climatiques.

En effet, le climat qui règne sur l'Yderland : moyenne annuelle des températures inférieure à 0° avec forte variation annuelle de type polaire, situation barométrique commandée par l'anticyclone glaciaire avec vents de pesanteur cenrifuges, suggère une solution morphogénétique de type *périglaciaire*, par action combinée de la gélivation (agent de destruction) et de la solifluction et du vent (agent de déblaiement) dont il faut situer l'intensité maxima lors de

(¹) La présente Note résulte des recherches faites au Groënland en 1948.

(²) Selon la méthode d'André Cailleux.

la phase de progression de la glaciation, réalisée sous des conditions qui seraient plus sévères, car, actuellement, l'évolution climatique est lente.

Pourtant l'aération présente des reliefs (de 100 à 200^m de dénivellation entre crêtes et talwegs) oblige à concevoir un déblaiement, sans doute considérable, opéré par les glaces comme par un puissant *bull-dozer* sur des matériaux préalablement fragilisés par le gel.

La fonction d'érosion de l'Inlandsis apparaît alors beaucoup plus de déblayer que de creuser. Des travaux récents sur des glaciers alpins permettent d'envisager quant à eux une conclusion semblable.

Il y a cependant des objections dont la plus sérieuse est le *surcreusement glaciaire*. Or, jusqu'à présent, la faculté présumée d'un glacier de surcreuser n'a pas été définie mécanistiquement. Aussi propose-t-on l'hypothèse suivante dite du *défonçage périglaciaire*.

Le surcreusement s'effectuerait en deux temps :

1° Lors de la phase périglaciaire de progression, la température moyenne annuelle de l'air à la surface du sol décroît progressivement, passe à 0° puis devient négative. L'isotherme 0° s'enfonce dans le sol; pour des valeurs de — 5° à — 10° en surface, elle peut atteindre de 150 à 300^m en profondeur. Toute la tranche du sol soumise au gel est à la fois fracturée et cimentée par les eaux du sous-sol gelé (phase de défonçage).

2° Durant la phase de recouvrement glaciaire qui suit, le manteau de glace protège le substrat des variations de la température superficielle et permet au flux de chaleur interne de repousser l'isotherme 0° vers la surface. Lorsqu'elle l'atteint, le ciment de glace qui maintenait la cohésion du substrat fracturé, fond et libère les blocs. Alors, le *bull-dozer* glaciaire entre en action, culbute et entraîne les matériaux ainsi mobilisés, dont il fait sa moraine de fond (phase de déblaiement).

Cette hypothèse s'efforce, dans l'étude de l'érosion glaciaire, de mieux distinguer les agents de l'attaque de ceux du déblaiement et de réserver aux facteurs périglaciaires, pré- et post-glaciaires, la part importante qui leur revient.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'aricine*. Note de MM. **Maurice-Marie Janot** et **Robert Goutarel**, présentée par M. Paul Lebeau.

En 1829, Pelletier et Coriol ont extrait d'une écorce de quinquina expédiée d'Arica au Pérou (décrite aujourd'hui comme issue de *Cinchona Pelletieriana* Weddell) un alcaloïde, dénommé *aricine* en 1832 par Pelletier. La même base est isolée en 1842 par Manzini sous le nom de cinchovatine. Hesse, après avoir nié l'existence de l'aricine, en reconnaît en 1877 l'entité. Moissan et Landrin [1]

---

[1] *Bull. Soc. Chim.*, (3), 2, 1890, p. 257-260.

en obtiennent 2^kg en 1890 et admettent la formule $C_{23}H_{26}O_4N_2$. Raymond-Hamet (²) range l'aricine dans les alcaloïdes de nature indolique et ceci pour trois raisons : réactions colorées, pyrogénation sur la chaux sodée et la poudre de zinc fournissant des *gouttelettes jaunâtres* qui *donnent les réactions colorées de l'indol et de ses dérivés non substitués en* β, et enfin spectre d'absorption dans l'ultraviolet faisant apparaître une similitude avec celui de la corynanthéine.

Ayant pu retrouver l'échantillon original de Pelletier et Coriol et nous procurer au Museum (M. Sannié) un deuxième échantillon de cet alcaloïde, nous apportons quelques données sur la structure de ce produit rarissime.

L'aricine, F 189-190°; $(\alpha)_D - 58° \pm 2°$ (éthanol, 0,75 %) répond à la formule $C_{22}H_{26}O_4N_2$ comprenant 2 OCH_3 (C 69,1; 69,34; H 6,8; 7,0; N 7,3; 7,42. Calculé $C_{22}H_{26}O_4N_2$; C 69,1; H 6,84; N 7,3). La saponification par la potasse méthylique conduit à l'*acide aricique* (³), F 243-245°; $(\alpha)_D - 83°$ (méthanol, 0,2 %) pour lequel nous adoptons la formule $C_{22}H_{28}O_5N_2$ (C 65,1; H 7,1; N 7. Calculé C 65,95; H 7,0; N 6,99). La déshydrogénation par le sélénium permet d'isoler un produit se colorant en jaune par SO_4H_2, F 128° auquel nous donnons le nom *d'ariline*, picrate F 233° (C 57,25; H 4,52; N 13. Calculé $C_{19}H_{20}ON_2$, $C_6H_3O_7N_3$; C 57,57; H 4,44; N 13,43 ou $C_{19}H_{22}ON_2$, $C_6H_3O_7N_3$; C 57,54; H 4,81; N 13,38).

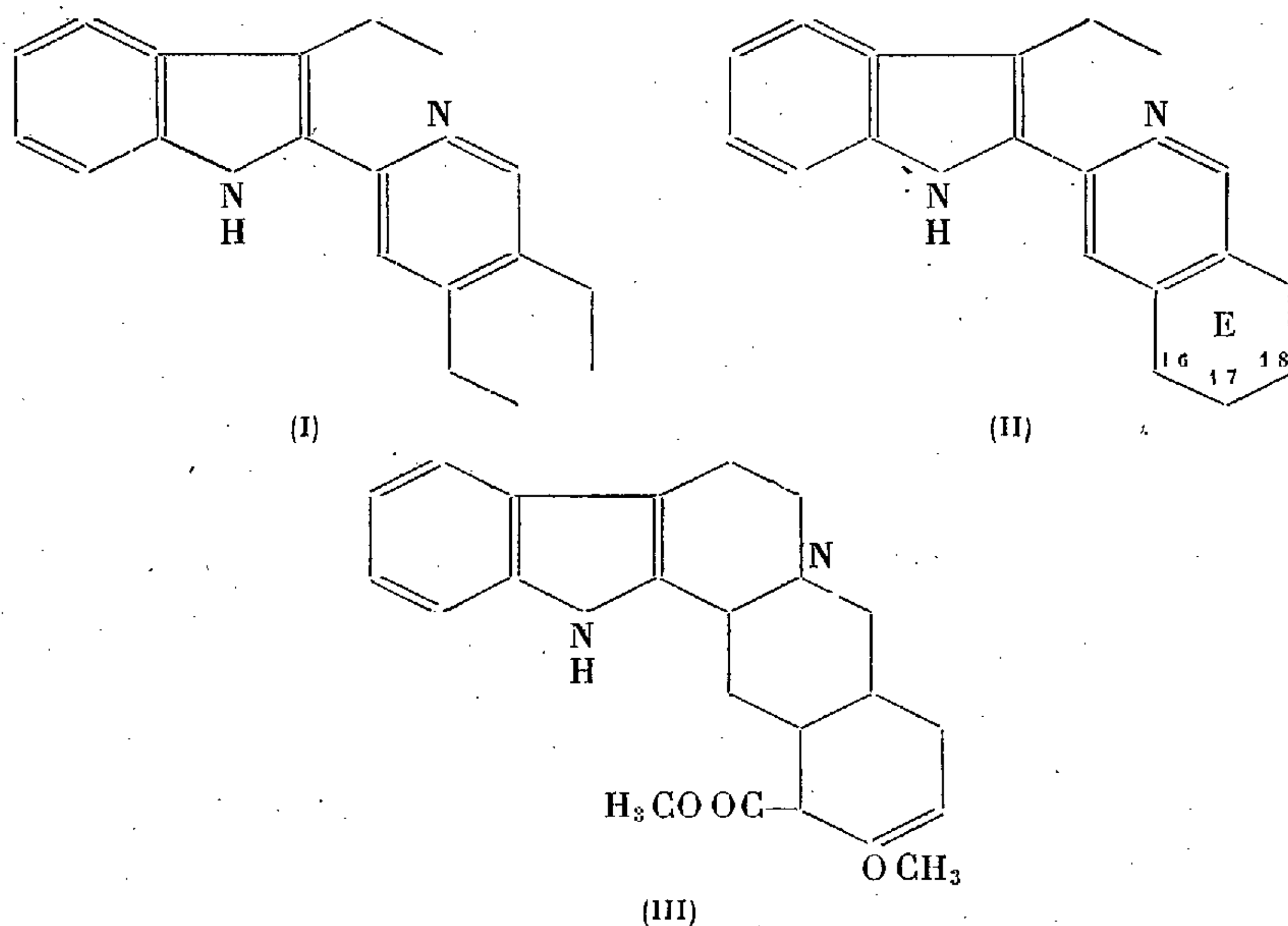
L'examen des spectres d'absorption dans l'ultraviolet de ces différents corps précise encore la parenté avec la corynanthéine cristallisée. Voici tout d'abord les valeurs trouvées pour la corynanthéine cristallisée (⁴) et pour l'aricine : corynanthéine $\lambda m\mu (\log \varepsilon)$, max 280 (3,89); 225 (4,64); aricine 280 (3,97); 225 (4,58). L'absence du minimum à 245-250$^{m\mu}$ est significative. Ce minimum, par contre, apparaît dans l'acide aricique comme dans l'acide corynanthéique, ce qui indique la présence du chromophore indolique typique : acide corynanthéique, max 280 (3,97); 225 (4,64); min 250 (3,82); acide aricique, max 280 (3,96); 225 (4,4); min 250 (3,48).

Le spectre de l'ariline est très voisin de ceux de la coryline $C_{19}H_{22}N_2$ et de la tétrabyrine $C_{19}H_{20}N_2$, produits principaux de la déshydrogénation sélénique respectivement de la corynanthéine cristallisée et de la yohimbine et ses isomères : ariline max 330 (4,43); min 278 (3,59); coryline max 320 (4,37); min 275 (3,75); tétrabyrine, max 320 (4,38); min 275 (3,8).

Or Karrer et Enslin (⁵) viennent d'attribuer à la coryline (corynanthyrine de ces auteurs) la formule (I), montrant qu'elle diffère de la tétrabyrine (II) par l'ouverture du cycle E. Cette rupture serait interprétable par la

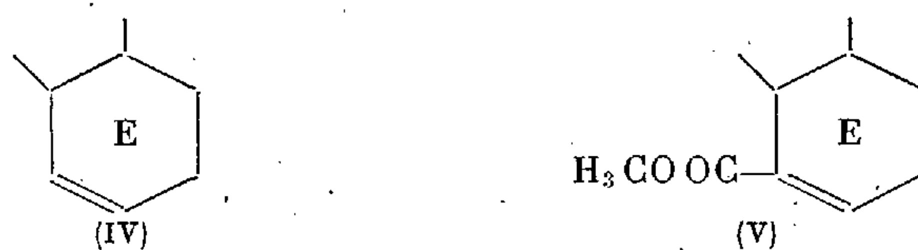
(²) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 307-308.
(³) M.-M. Janot et R. Goutarel, *Ann. Pharm. Fr.*, **6**, 1948, p. 480.
(⁴) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 360-362.
(⁵) *Helv. chim. Acta*, **32**, 1949, p. 1390-1402.

formule (III) provisoire de la corynanthéine cristallisée, qui comporte une double liaison dans le cycle E entre les carbones 17 et 18 :



(I) (II) (III)

A ce sujet, nous avons examiné les spectres de l'apocorynanthol (IV) [6] et de l'apoyohimbine (V),



(IV) (V)

composés qui possèdent certainement une double liaison dans le cycle E (il est vrai entre C_{16} et C_{17}) et constaté que celle-ci ne se manifeste pas spectralement; en ce sens, que l'on retrouve pratiquement le spectre de la corynanthine (ou de la yohimbine) : apocorynanthol, max 280 (3,98); 225 (4,68); min 250 (3,52); apoyohimbine, max 280 (3,98); 225 (4,65); min 250 (3,48); corynanthine, max 280 (3,92); 225 (4,53); min 248 (3,4).

Conclusion. — L'aricine F 189-190° correspond à la formule $C_{22}H_{26}O_4N_2$, au lieu de $C_{23}H_{26}O_4N_2$, l'acide aricique F 243-245° à $C_{22}H_{28}O_5N_2$ et l'ariline F 128° à $C_{19}H_{22}ON_2$ ou $C_{19}H_{20}ON_2$. Ces trois produits présentent une grande analogie spectrale respectivement avec la corynanthéine cristallisée, l'acide corynanthéique et la coryline; on peut les considérer, en première approximation, comme une oxycorynanthéine, un acide oxycorynanthéique et comme une oxycoryline ou une oxytétrabyrine.

([6]) M.-M. Janot et R. Goutarel, *Bull. Soc. Chim.*, 16, 1949, p. 509-515.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *De l'influence de la thyroïde sur le tissu de régénération.* Note de M. **Maurice Lecamp**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Dans une Note précédente (¹) nous avons exposé les modalités de réaction du tissu de régénération à différentes substances hétérogènes, chez le têtard du Crapaud accoucheur, *Alytes obstetricans*. Dans cette relation, nous n'avons pas mentionné l'utilisation de la thyroïde, des essais préliminaires avec cette substance nous ayant incité à pousser plus avant nos recherches. Nous en donnons, ici, les résultats. Il s'agit, comme précédemment, de la régénération d'un bourgeon de membre postérieur après son ablation totale. La thyroïde est celle de bœuf desséchée introduite, sous forme de petits fragments, soit dans la zone de régénération même, soit en dehors d'elle, à proximité. Dans le premier cas, on observe généralement une activation de la régénération qui produit un appendice beaucoup plus développé que le régénérat symétrique témoin (*fig.* I). Dans le second cas, le régénérat s'établit dans une position

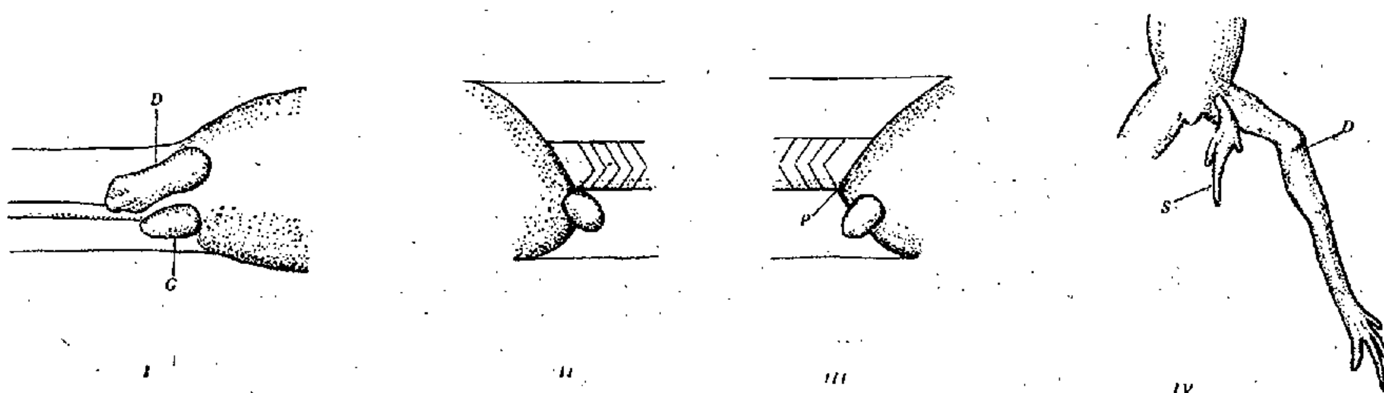


Fig. I. — Protocole I 64. Région postérieure abdominale, vue ventrale.
D, régénérat droit activé par l'implant thyroïdien; G, régénérat gauche témoin.
Fig. II. — Protocole I 66. Région postérieure abdominale, vue latérale gauche.
G, régénérat témoin orthotopique.
Fig. III. — Même animal. Vue latérale droite.
D, régénérat activé hétérotopique; P, zone pelvienne de régénération normale.
Fig. IV. — Protocole I 25. Région postérieure. Vue dorsale.
D, appendice régénéré normal orthotopique; S, appendice surnuméraire correspondant à l'implant thyroïdien.

atypique correspondant au lieu d'insertion de la thyroïde, il est hétérotopique et, habituellement, il n'y a pas de régénération orthotopique (*fig.* II-III). Quand cette dernière se produit, deux appendices sont alors formés, tels ceux représentés figure IV. Ils sont d'inégale importance et n'ont aucune relation entre eux; celui qui est atypique n'est relié à la région pelvienne que par un pédicule dermique; l'observation des différentes phases de sa formation montre

(¹) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 953.

que, à l'endroit de l'insertion de la thyroïde, une petite masse de tissu s'est isolée, très tôt, sous une enveloppe dermique, et a évolué en indépendance totale de la régénération normale, à la manière d'un fragment de bourgeon qui aurait été greffé à proximité.

Dans la régénération résultant de l'extirpation totale d'un bourgeon de membre, le début du processus comporte l'accumulation d'éléments mésenchymateux au point d'ablation. Lors de l'implantation de la thyroïde, celle-ci provoque une activation de ces éléments aboutissant à un développement plus important du régénérat (1er cas). En déterminant la formation d'un appendice hétérotopique (2e cas), l'implant manifeste aussi une action attractive, plus ou moins totale, du matériel régénérateur en dehors de la zone de régénération normale. Celle-ci s'étend alors au delà de ses limites habituelles et forme un *territoire*, dont les potentialités morphogénétiques sont extériorisées par l'action de l'implant.

Il nous paraît justifié de rapprocher ces faits de ceux de *territoires de régénération* mis en évidence par Guyénot et ses collaborateurs ([2]) au moyen des déviations nerveuses chez le Triton. Chez le têtard d'*Alytes*, la thyroïde joue le rôle du nerf dévié; en cela, elle confirme la non-spécificité morphogène de l'agent activant le territoire. Des différentes substances que nous avons utilisées, dans le sens de notre expérimentation, la thyroïde est la plus active. Par les réactions qu'elle provoque sur la régénération, elle confirme son action stimulante des métabolismes en général.

Accessoirement, nous signalerons que la thyroïde implantée en trop gros fragments provoque une métamorphose hâtive atypique des animaux opérés. Une des conditions de l'expérimentation a donc consisté à utiliser des implants de grosseur telle que la métamorphose ne soit pas déclenchée.

([2]) *Bull. biol. France-Belgique*, 64, 1940, p. 251; *Rev. Suisse Zool.*, 37, 1930, p. 83.

La séance est levée à 15h45m.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 OCTOBRE 1949.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur le calcul de l'avance du périhélie de Mercure sous l'action des autres planètes.* Note de M. **Jean Chazy.**

Dans la théorie newtonienne les actions séculaires sur le périhélie de Mercure des sept autres planètes classiques sont toutes des avances; ces avances ont été calculées successivement par Le Verrier, par Newcomb et par Doolittle. J'ai autrefois comparé ([1]) leurs résultats : je voudrais revenir sur cette comparaison avec plus de précision, en remontant plus avant dans les calculs de Newcomb, et en rectifiant de légères erreurs.

Les résultats obtenus dépendent bien entendu des valeurs adoptées pour les masses et les éléments des planètes et pour différentes constantes du système solaire. Mais en fait le degré d'approximation est atteint où les corrections apportées à ces éléments et à ces constantes deviennent indifférentes pratiquement; et, puisqu'il s'agit de quantités du premier ordre par rapport aux masses, on modifie les valeurs de celles-ci par de simples règles de trois. Pour comparer les différentes avances obtenues, nous ramènerons les valeurs des masses au système de valeurs adopté finalement par Newcomb dans ses Tables, système qui a été communément adopté depuis, et qui, notamment, figure dans la *Connaissance des Temps*. Dans ce système les rapports à la masse du Soleil des masses des sept planètes autres que Mercure sont définis selon l'usage par les nombres inverses, soit par ordre de distances au Soleil

408 000; 329 390; 3 093 500; 1 047,355; 3 501,6; 22 869; 19 314.

Enfin, dans tous les résultats énoncés, les avances sont rapportées à l'écliptique et à l'équinoxe de l'instant 1850,0.

([1]) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1134; *La théorie de la Relativité et la Mécanique céleste*, 1, Paris, 1928, p. 174-176.

Le Verrier a calculé les avances séculaires du périhélie de Mercure une première fois sous l'action de Vénus, la Terre, Mars, Jupiter et Saturne, puis, dans un second calcul entièrement distinct, sous l'action des sept planètes successives, et a obtenu ([2]) les avances en un siècle

281″; 83″; 3″; 152″; 8″;
280″,64; 83″,61; 2″,55; 152″,59; 7″,24; 0″,14; 0″,06.

Ces dernières avances correspondent aux valeurs des masses inverses des nombres

$$401\,847;\quad 354\,936;\quad \frac{1}{0{,}0000003339};\quad 1\,050;\quad 3\,512;\quad 24\,000;\quad 14\,400,$$

et, par réduction aux masses définitives de Newcomb, deviennent

276″,41; 90″,09; 2″,47; 152″,98; 7″,26; 0″,15; 0″,04,

et donnent l'avance totale 529″,40.

Hill a calculé ([3]) aussi les perturbations séculaires des éléments de Mercure sous l'action de Vénus, et a obtenu comme avance du périhélie 280″,5073 pour la valeur de la masse de Vénus inverse du nombre 401 847, soit, pour la masse de Newcomb, 276″,2770.

La longitude du périhélie est, selon la définition classique, la somme $\varpi = \Omega + g$ de la longitude du nœud Ω, comptée dans le plan de référence, et de l'angle compté dans le plan de l'orbite g des rayons vecteurs du nœud et du périhélie. Au contraire, Newcomb a donné ([4]) des résultats concernant, non pas la longitude ϖ, mais un angle ϖ_1 qui est, dans le plan de l'orbite à partir d'un rayon vecteur fixe, soit l'angle du rayon vecteur du périhélie, soit l'intégrale de la vitesse angulaire du périhélie. Ainsi l'angle ϖ_1 satisfait à la relation entre différentielles $d\varpi_1 = \cos i\, d\Omega + dg$, où i désigne l'inclinaison de l'orbite. Et la dérivée $d\varpi/dt$ satisfait à une combinaison connue des équations de Lagrange, tandis que la dérivée $d\varpi_1/dt$ satisfait à la même équation dont le second membre est réduit à son premier terme :

$$\frac{d\varpi}{dt} = \frac{\sqrt{1-e^2}}{na^2 e}\frac{\partial R}{\partial e} + 2\sin^2\frac{i}{2}\frac{d\Omega}{dt}, \qquad \frac{d\varpi_1}{dt} = \frac{\sqrt{1-e^2}}{na^2 e}\frac{\partial R}{\partial e},$$

où n, $2a$, e désignent le moyen mouvement, le grand axe et l'excentricité osculateurs, et R la fonction perturbatrice. Les angles ϖ et ϖ_1 diffèrent donc

---

([2]) *Journal de Mathématiques*, **8**, 1843, p. 292; *Annales de l'Observatoire de Paris*, **5**, 1859, p. 99 et 21. Pour les valeurs des masses, voir *id.*, p. 19, et **2**, 1856, p. 59.

([3]) *Astronomical Papers*, **1**, 1882, p. 342.

([4]) Chazy, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1135; *La théorie de la Relativité et la Mécanique céleste*, **1**, Paris, 1928, p. 175; Clemence, *Astronomical Papers*, **11**, 1943, p. 58.

seulement par une quantité du second ordre par rapport à l'inclinaison, quantité qui n'apparaîtra que dans des calculs de haute précision.

Newcomb obtient ([5]) ainsi comme variations séculaires en un siècle des deux produits $e(d\varpi_1/dt)$ et $\sin i(d\Omega/dt)$ relatifs à la planète Mercure, sous l'action des sept autres planètes, les quatorze quantités

56″, 826; 18″, 799; 0″, 511; 31″, 664; 1″, 503; 0″, 029; 0″, 009;

et

—23″, 557; — 12″, 233; — 0″, 235; — 18″, 037; — 0″, 850; — 0″, 016; — 0″, 005,

pour les valeurs des masses inverses des nombres

410 000; 327 000; 3 093 500; 1 047,88; 3 501,6; 22 756; 19 540.

D'où, après introduction des masses définitives et des valeurs $e = 0{,}20560475$ et tang $i/2 = 0{,}0611814$, les avances en un siècle de la longitude du périhélie de Mercure

276″, 291; 90″, 026; 2″, 471; 152″, 977; 7″, 258; 0″, 139; 0″, 044,

et l'avance totale 529″, 206.

Enfin Doolittle, par la méthode de Gauss modifiée par Hill, c'est-à-dire par un calcul entièrement différent des calculs de Le Verrier et de Newcomb, fondés tous deux sur le développement de la fonction perturbatrice, a obtenu ([6]) les avances

276″,18772; 90″,700208; 2″,471966; 152″,90366; 7″,260205; 0″,141128; 0″,041570,

pour les valeurs des masses inverses des nombres

408 134; 327 000; 3 093 500; 1047,879; 3501,6; 22 800; 19 700.

D'où, pour les valeurs des masses définitives de Newcomb, les avances

276″,27843; 90′,042102; 2″,471966; 152″,98016; 7″,260205; 0″,140702; 0″,042401,

et l'avance totale 529″, 215966.

Il me semble que les résultats de Doolittle, les plus précis, doivent être considérés aussi comme les meilleurs, et d'ailleurs l'accord de ces résultats et de ceux de Le Verrier et de Newcomb est, au total et dans le détail, remarquable, et confirme les résultats de Doolittle.

([5]) *Astronomical Papers*, 5, 1886, p. 375 et 336.

([6]) *Transactions of the American philosophical Society*, **22**, 1912, p. 179; pour les valeurs des masses, *voir* p. 52.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Rotativités des noyaux pentagonaux : furane, cyclopentène, pyrrol, thiophène.* Note (*) de MM. **René de Mallemann** et **François Suhner**.

Furane. — Il a été obtenu par la décomposition pyrogénée des vapeurs de furfural au contact de chaux sodée, à une température de 350° [1]. On améliore beaucoup le rendement en recevant les produits gazeux dans un ballon refroidi par un mélange de glace et de sel; le liquide condensé est ensuite volatilisé une seconde fois sur la chaux et cette opération renouvelée plusieurs fois (Suhner). On rectifie finalement pour séparer le furane. $É_{762}$ 33°,5.

a. Liquide :

$d_{0°/0°} = 0,956, \quad d_{20°/20°} = 0,932,$

$n_{0°} = 1,429, \quad n_{12°} = 1,4265, \quad \lambda = 578\,\mathrm{m}\mu,$

$[\Lambda] = 5,78.10^{-6}$ (rad.), $[\Lambda]_M = 39,32.10^{-5}$ (rad.),

Rotativité (théor.) : $[\Omega]_M^{578} = \mathbf{30,95.10^{-5}}$ (rad.).

b. Vapeur :

$t = 41°, \quad p = 763^{mm}.$

Masse spécifique (cond. exples.) $d = 2,755.10^{-3}$; (th : $2,64.10^{-3}$).

Diff. de potentiel magnétique $Hl = 609\,041$ C. G. S.

λ (mμ) :	578,	546,	436,
Rotations doubles :	0°,89,	1°,01,	1°,68,

Rotativité (exple.) : $[\Omega]_M^{578} = \mathbf{31,5 \pm 0,5.10^{-5}}$ (rad).

Cyclopentène. — *a. Liquide :*

$É$ 44°,8 $\quad d_{0°/0°} = 0,793, \quad d_{20°/20°} = 0,774.$

$\lambda = 578^{m\mu}, \quad n_{15°} = 1,4259.$

$[\Lambda] = 5,94.10^{-6}$ (rad.), $[\Lambda]_M = 40,43.10^{-5}$ (rad.).

Rotativité (théor.) : $[\Omega]_M^{578} = \mathbf{31,8.10^{-5}}$ (rad.).

b. Vapeur :

$t = 43°, \quad p = 150^{mm}.$

Masse spécifique (cond. exples.) : $d = 0,515.10^{-3}$.

Rotation double : 0°,175 ($\lambda = 578^{m\mu}$, pour $Hl = 613320$ C. G. S.

Rotativité (exple.) : $[\Omega]_M^{578} = \mathbf{32,5 \pm 1.10^{-5}}$ (rad.).

Pyrrol (liquide). — Produit synthétique (Merck), observé par F. Guillaume.

$d_{20°/20°} = 0,9686, \quad n_{578} = 1,5084.$

$[\Lambda] = 8,06.10^{-6}$ (rad.), $[\Lambda]_M = 54,0.10^{-5}$ (rad.).

Rotativité (théor.) : $[\Omega]_M^{578} = \mathbf{40,1.10^{-5}}$ (rad.).

(*) Séance du 10 octobre 1949.

[1] Hurd, Goldsby et Osborne, *Journ. Am. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 2532.

THIOPHÈNE (liquide). — Des mesures de Perkin, nous avons pu déduire pour $\lambda = 578^{m\mu}$:

$$[A]_M = 68,5.10^{-5}; \quad n = 1,529.$$

$$\text{Rotativité (théor.)} : [\Omega]_M^{5,8} = 50,1.10^{-5} \text{ (rad.)}.$$

CALCULS PAR ADDITIVITÉ. — Les rotativités des *liaisons* C — C et C — H, calculées à partir des *réfractivités* (2 électrons), ont respectivement les valeurs 1,10 et 2,15 [2], ce qui donne pour 6 CH_2 : $6(4,30 + 1,10) = 32,4$, soit assez exactement la rotativité expérimentale du *cyclohexane* [3].

Avec la valeur 11 de la double liaison C = C (éthylène), nous aurons pour le *cyclopentène* : $3 \times 4,30 + 2 \times 2,15 + 4 \times 1,10 + 11 = 32.60$, soit très sensiblement le $[\Omega_M]$ mesuré.

Dans le *furane*, la contribution du groupe C_4H_4 serait ainsi : $8,60 + 1,10 + 22 = 31,70$, et d'après le $[\Omega_M]$ indiqué plus haut, on peut conclure que la rotativité des liaisons C — O est ici *nulle* ou négligeable (elle serait négative à supposer *conjuguées* les deux liaisons C = C, mais, d'après ce qui suit, la conjugaison ne semble pas sensible) [4].

Conséquemment, la différence $40,1 - 31,7 = 8,4$ devrait correspondre à la contribution des deux liaisons C — NH dans le *pyrrol*. Or les valeurs respectives de C — N et NH (déduites des amines *grasses*) sont respectivement 3 et 2,3, ce qui donne pour le pyrrol : $2 \times 3 + 2,3 = 8,3$.

Enfin, la différence $50,1 - 31,7 = 18,4$ devrait représenter la contribution des deux liaisons C-S du *thiophène*; d'où la valeur 9,2 pour une C-S, nombre qui concorde avec celui que l'on déduit des mesures effectuées sur les éthers sulfurés de la série *grasse* (8,8 en moyenne).

Le soufre et le radical NH ont donc à peu près leurs rotativités normales dans le noyau cyclique pentagonal, mais l'oxygène s'y comporte tout autrement que dans les éthers oxydes (où la rotativité de C-O est nettement positive). Le cas du furane n'est d'ailleurs pas isolé; on pourrait citer des corps de constitutions diverses où l'addition d'un atome O semble n'avoir qu'un effet rotatoire négligeable; en particulier, la rotativité de l'eau *oxygénée* : $[\Omega]_M = 6,28$ [5] dépasse à peine la rotativité de l'eau ordinaire : $[\Omega]_M = 6,02$.

Pour le *furfural*, $[\Omega]_M = 37,0$, et l'on trouve à peu près la valeur (3,7) de la liaison *double* C = O des aldéhydes de la série grasse (l'abaissement constaté dans les aldéhydes et les cétones benzoïques n'existe pas).

En somme, les doubles liaisons du noyau pentagonal ont très sensiblement

---

(2) Nous faisons abstraction du facteur 10^{-5}, pour simplifier l'écriture.

(3) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 804.

(4) A supposer C = C = 10,5, on trouverait ici C — O = 0,4 environ, nombre du même ordre que les écarts possibles, théoriquement, dans ce genre de calculs.

(5) Déduite des mesures faites dans notre laboratoire par J. Pothelet, à partir d'une eau oxygénée titrant 32 % : $d_{20°/20°} = 1,119$; $[A]_M = 7,9$.

les propriétés rotatoires de la liaison éthylénique; elles ne donnent pas lieu aux effets qui distinguent les liaisons du cycle benzénique (électrons π délocalisés).

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Réaction de fluorescence de la résorcine sans anhydride phtalique. Application à l'identification du zinc et du cadmium.* Note de M. **Georges Denigès**.

La réaction classique de fluorescence de la résorcine s'obtient, comme on sait, en condensant ce diphénol avec l'anhydride phtalique qui forme, avec lui, de la fluorescéine dont la solution alcaline, jaune, présente une belle fluorescence verte.

Cette réaction malaisément obtenue avec l'anhydride phtalique employé seul, se réalise facilement en présence de SO_4H_2 : aussi cette modification est-elle, aujourd'hui, adoptée. Cependant, un fait très important, qui s'y rapporte, ne paraît pas avoir été signalé, c'est que SO_4H_2, par lui seul, et en l'absence de tout dérivé phtalique, est capable de fournir, avec la résorcine, une fluorescence et une absorption spectrale très rapprochées de celles qu'on obtient en présence de l'anhydride phtalique.

En cherchant à étendre cette propriété, j'ai trouvé que l'acide phosphorique agissait dans le même sens que SO_4H_2 et avec autant d'efficacité que lui, mais c'est surtout le chlorure de zinc qui m'a donné d'intéressants résultats à ce sujet.

Pour appliquer ces nouvelles données à l'identification de la résorcine, on procédera dans le sens des expériences suivantes : mettre, dans une petite capsule de porcelaine, à manche, une goutte d'une solution aqueuse de résorcine à 2 % et ajouter quatre gouttes de SO_4H_2 ou de PO_4H_3 officinal. Chauffer au-dessus d'une petite flamme de gaz. On constate que le mélange rougit d'abord puis brunit, (en émettant des vapeurs blanches de SO_4H_2, dans le cas où l'on a employé cet acide). S'arrêter de chauffer quand le brunissement de la masse est net mais sans excès. Dissoudre le résidu dans 5^{cm^3} d'eau et introduire dans un tube à essai, de 18 à 20^{mm} de diamètre, la solution qu'on sursaturera avec de l'ammoniaque. Elle présentera, alors, une coloration jaune rougeâtre, une fluorescence verte très marquée et une forte bande d'absorption dans la région bleue du spectre, presque superposable à celle de la fluorescéine ammoniacale [1].

---

[1] L'acide arsénique, employé dans les mêmes conditions que PO_4H_3, donne, à mesure qu'on chauffe, d'abord une coloration brune, qui, peu à peu, jaunit puis un résidu sec, orangé. En le dispersant dans quelques centimètres cubes d'eau, on obtient une solution de même teinte et un précipité également orangé. Celui-ci se dissout à l'ébullition et, par sursaturation avec HONa (mieux qu'avec l'ammoniaque), fournit une solution de coloration encore orangée, fluorescente, avec une bande d'absorption spectrale plus étendue et plus diffuse que celle qu'on obtient avec SO_4H_2, PO_4H_3 et Cl_2Zn.

Quand, dans cette réaction, on remplace les acides susnommés par deux gouttes d'une solution de Cl_2Zn, à 10 %, et une goutte de ClH et qu'on évapore le tout jusqu'à obtention d'un résidu sec, jaune orangé, sa répartition dans 5^{cm^3} d'eau fournit un liquide jaune verdâtre qui, *sans addition d'alcali*, offre une forte fluorescence verte et une bande d'absorption intense, dans le bleu. Les petits flocons d'oxychlorure de zinc, qui s'y trouvent, peuvent être éliminés par filtration. L'addition d'une ou deux gouttes de ClH les fait aussi disparaître, mais en colorant en rouge le mélange qui perd son spectre et sa fluorescence. Il les récupère, plutôt accrus, lorsqu'on le sursature par l'ammoniaque.

Ainsi se trouve résolue la question de l'identification de la résorcine, par fluorospectroscopie sans l'emploi de l'anhydride phtalique.

D'autre part, puisque ce produit n'est pas indispensable pour réaliser cette réaction et peut être remplacé par d'autres réactifs, il en résulte que sa spécificité, en s'en tenant aux caractères extérieurs qu'elle présente et dont, seuls, on tient compte en analyse, vaut uniquement pour la résorcine, mais nullement pour les réactifs ou substances diverses permettant de l'obtenir en milieu sulfurique, notamment l'anhydrique phtalique ou des corps d'une structure chimique analogue tels que la saccharine de Fahlberg, à laquelle on l'a appliquée.

Cependant, parmi ces réactifs, il en est un, le chlorure de zinc, qui occupe un rang à part parce que, au moyen de traitements rapides préalables (calcination, double décomposition), il est toujours possible de ramener sous la forme chlorurée pure les composés zinciques les plus variés.

De ce fait, on peut déduire un procédé absolument certain d'identification du zinc métallique ou combiné, à l'aide de la résorcine.

Pour l'appliquer, s'il s'agit de zinc en nature, il suffit d'en dissoudre 1^{cg} environ dans quatre ou cinq gouttes de ClH concentré, placées dans une petite capsule, d'ajouter 2 ou 3^{mg} de résorcine solide ou dissoute, d'évaporer et d'achever la réaction comme il a été dit précédemment, pour obtenir les caractères optiques décrits.

Si la combinaison zincique a été amenée sous forme d'oxyde ou de carbonate, on opère de même, avec 1^{cg}, à peu près, de ces composés.

Rien de tel n'est obtenu avec les autres métaux, notamment ceux du groupe zincique, Cl, Mg et Cd. Toutefois, ce dernier métal, sans donner de fluorescence avec la résorcine produit, avec ce composé, une matière colorante rose, plus ou moins violacée, non fluorescente même en milieu alcalin, mais présentant, dans la région jaune du spectre, une bande d'absorption des plus nettes. Ce caractère, bien spécial au cadmium, peut servir à caractériser ce métal et à le différencier du zinc.

BIOLOGIE. — *Développement de cœurs fonctionnels sans embryons à l'aide de substances chimiques injectées dans l'œuf de Poule.* Note de M. **Paul Ancel.**

Les recherches de chimiotératogenèse que nous avons faites avec Mme S. Lallemand nous ont fait connaître quelques substances possédant une action tératogène élective sur l'embryon de Poule. Ces substances déposées en solution sur l'embryon à la quarante-huitième heure de l'incubation font apparaître des malformations en exerçant une action nocive sur certaines ébauches organiques. L'ébauche possédant le maximum de sensibilité diffère avec les substances, aussi chacune d'elles conditionne-t-elle à faible dose tératogène une malformation, dite malformation typique dont la nature est déterminée par celle de la substance. Par exemple, le méthylarsinate de sodium fait apparaître l'anourie; la colchicine et la ricine, la strophosomie, l'ésérine, déterminant une brachymélie caractérisée par une déformation angulaire du tibia-tarse; enfin la trypaflavine arrête le développement de l'amnios.

J'ai recherché l'action tératogène du mélange de ces diverses substances deux à deux. Les premiers résultats obtenus se caractérisent essentiellement par la mise en évidence de différences individuelles parmi les embryons appartenant à un même lot expérimental. Certains embryons présentent la malformation typique d'une des deux substances du mélange; les uns de l'une, les autres de l'autre, tandis que d'autres embryons sont porteurs des deux malformations typiques, tout au moins pour certaines associations. L'association de la ricine et de la trypaflavine m'a donné dans les conditions expérimentales suivantes un résultat très différent de celui des associations des autres substances.

Un dixième de centimètre cube d'un mélange à volumes égaux d'une solution de trypaflavine à 1/5000 et de ricine à 1/500000 (dose trypaflavine $0^{mg},0125$; ricine $0^{mg},0001$) a été déposé sur des embryons de race Leghorn blanche après 32 heures d'incubation à $37°,5$.

L'évolution de certains des embryons ainsi traités peut être schématisée comme il suit; au moment de l'intervention, l'aire vasculaire forme un croissant dont les bords ne se sont pas encore rejoints du côté céphalique de l'embryon. Celui-ci possède en moyenne quatorze somites; les trois premières vésicules cérébrales et les vésicules optiques et auditives sont constituées. L'amnios est représenté par un petit capuchon qui recouvre une partie de la tête. Les vaisseaux de l'embryon ne sont pas encore en relation avec ceux de l'aire vasculaire. Le cœur bat mais le liquide circulant dans l'embryon est incolore et ne renferme pas encore de globules rouges. 48 heures après l'intervention, le croissant de l'aire vasculaire s'est fermé, les vaisseaux de cette aire sont en relation avec ceux de l'embryon; le cœur bat normalement et la circulation

sanguine est active dans l'aire vasculaire dont une partie est cependant rétractée sur elle-même. L'embryon dont le développement a été fortement ralenti a plus ou moins perdu de sa transparence et présente des anomalies de la forme. Dans les jours qui suivent, les vaisseaux de l'aire vasculaire se développent et le cœur continue à fonctionner et à évoluer. Il perd sa forme en anse, la division en ventricule, bulbe artériel, et oreillettes se réalise. L'embryon au contraire, se résorbe peu à peu et au sixième jour de l'incubation il a totalement disparu.

On obtient ainsi en l'absence d'embryon un cœur fonctionnel en relation avec les vaisseaux de l'aire vasculaire par l'aorte et les veines vitellines. Le plus âgé de ces cœurs est mort au cours du neuvième jour de l'incubation. Il avait approximativement le même volume que le cœur d'un embryon du même âge.

Ces résultats contribuent à mettre en évidence l'action élective de diverses substances ou associations de substances chimiques. En ce qui concerne l'appareil circulatoire, ils montrent que si certaines substances agissent électivement sur le cœur en l'arrêtant (aconitine, atropine, boldine, nicotine, thébaïne, vératrine) ou le sang en le lésant (aniline, phénylhydrazine, sels biliaires) tout en étant, au même stade, dépourvues, à n'importe quelle dose, de pouvoir tératogène sur l'embryon, il en est d'autres qui ont une action inverse, agissant électivement sur l'embryon qu'elles tuent tout en ne manifestant pas d'action nocive sur le sang et sur le cœur dont elles permettent l'évolution.

La réalisation des cœurs sans embryons met aussi en évidence l'indépendance existant au cours du développement entre le cœur et l'embryon, elle montre ainsi que le développement du cœur n'est pas conditionné par celui de l'embryon, mais lié à celui des annexes embryonnaires.

Au point de vue de la chimiotératogenèse, le fait que l'embryon peut mourir sans que le cœur s'arrête appuie une des conclusions que nous avons tirée de nos expériences faites sur l'embryon de Poule à la quarante-huitième heure de l'incubation, à savoir que le degré de la puissance létale d'une substance chimique est déterminé par le degré de sensibilité de l'appareil circulatoire de l'embryon à cette substance et non aux lésions plus ou moins profondes qu'elle détermine dans l'embryon.

Enfin les résultats fournis par l'association ricine-trypaflavine montrent que s'il est possible de regarder l'arrêt définitif du cœur comme signe pathognomonique de la mort de l'embryon, il ne l'est pas d'en conclure qu'un embryon est vivant quand son cœur bat. On serait en effet obligé d'admettre que dans nos expériences l'embryon est vivant à un stade de l'évolution où il a complètement disparu.

L'arrêt du cœur apparaît donc comme une condition suffisante mais non nécessaire de la mort de l'embryon.

M. **Roger Heim** fait hommage du troisième tome de la *Flore mycologique de Madagascar et Dépendances*, publié sous sa direction avec le concours de l'Académie des Sciences et du Gouvernement général de Madagascar : *Les Mycènes de Madagascar*, par Georges Métrod.

M. **Waclaw Sierpinski** adresse trois brochures : 1° *Sur une décomposition de la droite;* 2° *Sur un problème de M. Lusin concernant les complémentaires analytiques; Sur les familles croissantes d'ensembles fermés; Sur l'opération* $\overline{\lim}_{y=+\infty} \Phi(x, y)$; *Sur une propriété des ensembles ordonnés; Sur la décomposition des espaces métriques en ensembles disjoints;* 3° *Colloquium mathematicum*, volume I, fascicule 4, contenant une Note relative à son *Jubilé*.

M. **Selman A. Waksman** fait hommage d'un Ouvrage qu'il vient de publier : *Streptomycin. Its nature and practical application.*

CORRESPONDANCE.

M. **Bernard Houssay**, élu Correspondant pour la Section de médecine et chirurgie, adresse ses remercîments.

M. **Georges Deflandre** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par le décès de M. *Gustave Roussy*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Jean Emon, *L'inversion de l'alizé dans l'Océan indien sud-ouest* (présenté par M. Charles Maurain).

2° F. Leiri, *Neue Physik auf Grundlage der Klassischen. — Neue Gesichtspunkte für die Wetterkunde.*

3° *Minnesfesten över Berzelius*, 20-22 *september* 1948.

4° Institut de documentation, bibliographie et éditions techniques, Bucarest : *Bulletin d'études et de recherches techniques*, I-1949.

5° New-York State Museum. *Educational Leaflet Series*, n° 1.

Il signale également une liasse de feuillets polycopiés relatifs au *VIIe Congrès scientifique du Pacifique*.

THÉORIE DES GROUPES. — *Les classes de substitutions des groupes imprimitifs* (II). Note de Mlle **Sophie Piccard**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Dans une première Note consacrée à ce sujet, nous avons défini deux classes de substitutions des groupes imprimitifs, C_I et C_{II}. Nous en définirons aujourd'hui deux autres C_{III} et C_{IV}.

Soit G un groupe imprimitif de substitutions des éléments de l'ensemble $E=\{1, 2, \ldots, n\}$. Soit $E=E_1+E_2+\ldots+E_p$ une décomposition de E en systèmes d'imprimitivité de G et soit $\overline{E}_i=k$, $i=1, 2, \ldots, p$. On a $n=kp$. Soit S une substitution quelconque du groupe G, soit s le nombre de classes en lesquelles se répartissent les systèmes d'imprimitivité E_i de G liés transitivement par S [1] et soit q le nombre total de cycles de S (y compris les cycles d'ordre 1). Nous dirons que *la substitution* S *fait partie de la classe* C_{III}, *si le nombre* $ks+q$ *est pair, et qu'elle appartient à la classe* C_{IV} *si le nombre* $ks+q$ *est impair*. Toute substitution de G fait partie de l'une des classes C_{III}, C_{IV} et d'une seule.

Pour k pair, la classe C_{III} se confond avec la classe des substitutions paires de G et C_{IV}, avec celle des substitutions impaires. Il n'en est plus de même si k est impair. En effet, considérons, par exemple, le groupe G_{72}, d'ordre 72, engendré par les trois substitutions (1, 2, 3, 4, 5, 6), (1, 4, 3, 2, 5, 6), (1, 3). La substitution impaire (1, 2, 3, 4, 5, 6) et la substitution paire (1, 3, 5), (2, 4, 6) de G_{72} font toutes deux partie de la classe C_{III}; la substitution impaire (1, 3), (2, 6, 4) et la substitution paire (1, 4, 5, 6), (2, 3) de G_{72} font toutes deux partie de la classe C_{IV}.

Si deux substitutions S *et* T *de* G *font partie de la même classe* C_{III} *ou* C_{IV}, *alors* $ST\in C_{III}$ *et si l'une des substitutions* S, T *fait partie de* C_{III} *et l'autre de* C_{IV}, *alors* $ST\in C_{IV}$. D'après ce qui précède, il suffit de le démontrer pour n impair. Soit donc k un nombre impair, soit $s_1(s_2)[s]$ le nombre de classes de systèmes d'imprimitivité de G liés transitivement par S(T)[ST] et soit $q_1(q_2)[q]$ le nombre total de cycles de S(T)[ST], *y compris les cycles du premier ordre*.

Soit H le sous-groupe distingué de G formé de toutes les substitutions de G qui permutent uniquement entre eux les éléments de chaque ensemble E_i, $i=1, 2, \ldots, p$, soit V l'ordre de H et soit g le groupe des substitutions des indices $1, 2, \ldots, p$, comprenant l'ensemble des substitutions $(1, 2, \ldots, p/i_1, i_2, \ldots, i_p)$, telles qu'il existe une substitution de G qui transforme E_j en E_{i_j}, $j=1, 2, \ldots, p$. On sait que G est v-fois isomorphe à g, à toute substitution R de G correspondant, dans cet isomorphime, la substitution r de g que R effectue sur les indices des systèmes d'imprimitivité de G. Soient $r_1(r_2)[r]$ la substitution de g qui correspond à S(T)[ST] dans l'isomorphisme de G à g. On a $r=r_1r_2$.

(1) *Voir* S. Piccard, *Les classes de substitutions des groupes imprimitifs* (I).

Comme k est impair la substitution $S(T)[ST]$ est de classe C_{III}, si le nombre $s_1+q_1(s_2+q_2)[s+q]$ est pair, et elle est de classe C_{IV}, si ce nombre est impair. *Supposons d'abord que* S *et* T *font toutes deux partie de la même classe* C_{III} *ou* C_{IV}, alors les nombres s_1+q_1 et s_2+q_2 sont de même parité. Si p est pair, $n=kp$ est aussi pair, et alors, si s_1 et s_2 sont de même parité, il en est de même de q_1 et q_2, les deux substitutions ST et r sont alors paires, les deux nombres s et q sont pairs, $s+q$ est pair et ST est de classe C_{III}; et, si s_1 et s_2 sont de parité différente, il en est de même de q_1 et q_2, les deux substitutions ST et r sont impaires, les nombres s et q sont tous deux impairs, $s+q$ est pair et $ST \in C_{III}$. D'autre part, si p est impair, $n=kp$ est aussi impair. Alors si s_1 et s_2, donc aussi q_1 et q_2 sont de même parité, les substitutions ST et r sont toutes deux paires, les nombres $s+1$ et $q+1$ sont pairs et le nombre $s+q$ est pair, donc $ST \in C_{III}$. Et si s_1 et s_2, donc aussi q_1 et q_2 sont de parité différente, ST et r sont impaires, les deux nombres $s+1$ et $q+1$ sont impairs et $s+q$ est pair, donc $ST \in C_{III}$. *Supposons maintenant que l'une des substitutions* S, $T \in C_{III}$ *et l'autre* $\in C_{IV}$. Les nombres s_1+q_1 et s_2+q_2 sont alors de parité différente. Supposons d'abord que p, donc aussi n est pair. Alors, si s_1 et s_2 sont de même parité, q_1 et q_2 sont de parité différente, ST est paire, r impaire, s est pair, q impair, $s+q$ impair et $ST \in C_{IV}$. Si s_1 et s_2 sont de parité différente, q_1 et q_2 sont de même parité, ST est impaire, r est paire, s est impair, q pair, $s+q$ est impair et $ST \in C_{IV}$. Supposons maintenant que p est impair. Alors, si s_1 et s_2 sont de même parité, $s+1$ est pair, $q+1$ est impaire, $s+q$ est impair, et, si s_1 et s_2 sont de parité différente, $s+1$ est impair, $q+1$ est pair et, dans ce cas aussi, $s+q$ est impair. Donc $ST \in C_{IV}$.

Il s'ensuit que si le groupe G contient au moins une substitution de la classe C_{IV}, la moitié des substitutions de G est de classe C_{III}, l'autre moitié est de classe C_{IV}. Toutes les substitutions de classe C_{III} forment un sous-groupe distingué de G.

Tout groupe imprimitif saturé contient au moins une substitution de la classe C_{IV}.

Toute substitution de H est de classe C_{III}, si elle est paire ou de classe C_{IV}, si elle est impaire.

Deux substitutions connexes et imprimitives S *et* T, *composées chacune d'un seul cycle d'ordre* $km>1$ $(k>1,\ m>1)$ *ne sauraient engendrer un groupe imprimitif saturé*. En effet, si les systèmes d'imprimitivité de S et T sont de puissance k chacun, chacune des substitutions S et T est de classe C_I si k et m sont de même parité, elle est de classe C_{II}, si k et m sont de parité différente, elle est de classe C_{III} (C_{IV}), si le nombre k est impair (pair). Si k et m sont de même parité, toute substitution du groupe $G=(S, T)$ est de classe C_I, donc G n'est pas saturé. Si k est impair et m pair, toute substitution de G est de classe C_{III} et le groupe G n'est pas saturé. Et, si k est pair et m impair, les substitutions r_1 et r_2 du groupe g relatif à G et qui correspondent respectivement

à S et à T dans l'isomorphisme de G à g comprennent chacune un seul cycle d'ordre m impair, elles sont donc toutes deux paires. Or, elles constituent une base de g et, par suite g ne comprend que des substitutions paires. Or, si G est saturé, le groupe correspondant g est le symétrique des éléments $1, 2, \ldots, p$ ($p =$ nombre de systèmes d'imprimitivité de S et de T). On voit donc bien que G n'est jamais saturé. C. Q. F. D.

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Extension de la méthode d'intégration de Gauss aux fonctions présentant des singularités.* Note (*) de MM. **Marcel Mayot** et **Henri Mineur**, présentée par M. Joseph Pérès.

Soit $f(x)$ une fonction présentant une ou plusieurs singularités et dont on se propose de calculer l'intégrale dans un intervalle que nous supposerons être 0,1. Représentons cette fonction par une somme de termes de la forme

$$f(x) = \theta(x)\,F(x),$$

où F ne présente pas de singularités dans l'intervalle envisagé et où θ est une fonction positive. On se propose de représenter l'intégrale

$$J = \int_0^1 \theta(x)\,F(x)\,dx$$

par l'expression

$$I = H_0 f(x_0) + H_1 f(x_1) + \ldots + H_n f(x_n),$$

où les $2(n+1)$ quantités $x_0, x_1, \ldots, x_n, H_0, H_1, \ldots, H_n$ sont choisies de telle sorte que $I = J$ si $F(x)$ est un polynome arbitraire de degré aussi élevé que possible, c'est-à-dire de degré $2n+1$.

La solution de ce problème n'est qu'une transposition de celle donnée par Gauss lorsque $\theta = 1$, c'est-à-dire lorsque f ne présente pas de singularité.

Soit $G_0(x), G_1(x), \ldots, G_n(x), \ldots$ une suite de polynomes orthogonaux par rapport à la fonction de base $\theta(x)$ et à l'intervalle 0,1 :

$$\int_0^1 \theta(x)\,G_n(x)\,G_m(x)\,dx = 0 \qquad (m \neq n).$$

On adopte pour $x_0, x_1, \ldots, x_n$ les racines de G_{n+1} qui sont toutes comprises entre 0 et 1 et pour H_p

$$H_p = \frac{1}{G'_{n+1}(x_p)} \int_0^1 \theta(x)\,\frac{G_{n+1}(x)}{x - x_p}\,dx.$$

Lorsque la singularité de f est algébrique, les polynomes envisagés sont

(*) Séance du 10 octobre 1949.

ceux de Jacobi, cas particulier de la série hypergéométrique. En pratique, les x_p et les H_p ont des expressions simples dans un grand nombre de cas :

1° $f(x) = F(x)/\sqrt{1-x}$. — On a alors

$$x_p = 1 - \xi_p^2, \qquad H_p = 2L_p,$$

où ξ_p est la $p^{\text{ième}}$ racine positive du polynome de Legendre de degré $2(n+1)$ et L_p le coefficient correspondant de la méthode de Gauss.

2° $f(x) = F(x)\sqrt{1-x}$. — On a alors

$$x_p = 1 - \xi_p^2, \qquad H_p = 2L_p\xi_p \qquad \text{(mêmes notations que précédemment).}$$

3° $f(x) = F(x)/\sqrt{1-x^2}$. — Les polynomes G_n sont ceux de Tchebyscheef T_n et

$$x_p = \cos\frac{2p+1}{2(n+1)}\pi, \qquad H_p = \frac{\pi}{n+1}.$$

4° $f(x) = F(x)\sqrt{1-x^2}$. — On a alors (intervalle -1, $+1$)

$$G_n(x) = \frac{\sin(n+1)\arccos x}{\sin x}$$

et

$$x_p = \cos\frac{p+1}{n+2}\pi, \qquad H_p = \frac{\pi}{n+2}\sin^2\frac{p+1}{n+2}\pi.$$

5° $f(x) = F(x)\sqrt{x/(1-x)}$. — Dans ce cas

$$G_n(x) = \frac{1}{\sqrt{x}} T_{2n+1}(\sqrt{x}),$$

où T est le polynome de Tchebyscheef et

$$x_p = \cos^2\frac{2p+1}{2n+3}\frac{\pi}{2}, \qquad H_p = \frac{2\pi}{2n+3}x_p.$$

6° $f(x) = e^{-x}F(x)$ (intervalle 0, $+\infty$), les x_p sont les racines du polynome de Laguerre de degré $n+1$, on calcule les H_p numériquement.

7° $f(x) = e^{-x^2/2}F(x)$ (intervalle $-\infty$, $+\infty$), les x_p sont les racines des polynomes d'Hermite.

A titre d'exemple, nous avons calculé la période de l'intégrale elliptique

$$\omega_1 = \frac{1}{2}\int_0^1 \frac{dx}{\sqrt{x(1-x)(1+x)}}.$$

En adoptant $n=8$, nous avons obtenu par la méthode exposée ci-dessus un résultat exact avec une précision de 10^{-7}.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur une théorie physique de la gravitation.* Note (*) de M. **Zareh Nubar**, présentée par M. Jean Chazy.

Nous avons exposé antérieurement ([1]) une théorie physique de la gravitation, dans laquelle nous rendions compte de l'existence du champ par des chocs durs de particules supposées remplir l'espace : ces particules, agissant par leurs chocs sur les éléments de matière placés dans le champ, donnent naissance à la force du champ. Les mouvements de ces particules sont assimilables à des ondulations longitudinales s'exerçant à partir de l'astre central, si nous nous bornons au champ produit par un seul centre O. Nous reprenons ici cette théorie, en la schématisant un peu, pour l'appliquer aux déplacements séculaires des périhélies des planètes.

Une oscillation longitudinale des particules remplissant l'espace est de la forme

$$x = A \sin 2\pi\nu t,$$

x désignant l'élongation, A l'amplitude, ν la fréquence. Mais elle n'est pas propre à rendre compte de l'existence d'une force, en dehors d'une pression de radiation, à moins que, selon les principes généraux de la symétrie, on n'y introduise un élément de dissymétrie. Cet élément peut être une amplitude de valeurs différentes en chaque point du champ, suivant que la demi-oscillation est dirigée vers le centre ou dans le sens opposé. Il pourrait être aussi une vitesse moyenne de valeurs différentes dans les deux demi-vibrations dirigées l'une vers le centre, l'autre en sens opposé.

Raisonnons sur les amplitudes, et prenons pour expression de l'oscillation

$$x = A_1 \sin 2\pi\nu t \quad \text{et} \quad x = A_2 \sin 2\pi\nu t \quad (A_1 \neq A_2),$$

respectivement dans la demi-période de $t = 0$ à $t = 1/2\nu$, et dans la demi-période de $t = 1/2\nu$ à $t = 1/\nu$. Et faisons cette hypothèse que la force du champ est proportionnelle à la valeur moyenne de x

$$\nu \int_0^{\frac{1}{2\nu}} A_1 \sin 2\pi\nu t \, dt + \nu \int_{\frac{1}{2\nu}}^{\frac{1}{\nu}} A_2 \sin 2\pi\nu t \, dt = \frac{A_1 - A_2}{\pi}.$$

Si, d'autre part, hypothèse assez naturelle, la force est proportionnelle à la fréquence ν, elle est le produit de $(A_1 - A_2)\nu$ par une constante

$$F = k(A_1 - A_2)\nu.$$

(*) Séance du 10 octobre 1949.

([1]) *Le premier Principe*, Paris, 1930, p. 165, 374 et suivantes; *Bulletin astronomique*, 6, 1930, p. 325.

Si la différence $A_1 - A_2$ par symétrie ne dépend que de la distance r, non des angles polaires, et dans le cas général est développable suivant les puissances croissantes de r à partir d'un terme constant; si d'autre part la fréquence ν est développable suivant les puissances croissantes de r à partir d'un terme d'exposant -2, pour qu'on retrouve par approximation la loi de Newton, le produit $(A_1 - A_2)\nu$ admet aussi un développement de la dernière forme. Et, par réduction de ce développement au terme newtonien et au terme suivant, seul efficace, la force devient

$$F = -\frac{\mu}{r^2} + \frac{\alpha}{r},$$

μ et α désignant deux constantes, dont la première est positive : ainsi *les hypothèses considérées reviennent à ajouter à l'attraction newtonienne un terme correctif en raison inverse de la distance.*

Pour déterminer les mouvements correspondants, il suffit dans les équations classiques, de remplacer le potentiel μ/r par le potentiel $(\mu/r) + \alpha \log r$:

$$\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + r^2\left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2 = -\frac{\mu}{a} + \frac{2\mu}{r} + 2\alpha \log r, \qquad r^2 \frac{d\varphi}{dt} = C,$$

$$\left(\frac{du}{d\varphi}\right)^2 = -u^2 - \frac{\mu}{aC^2} + \frac{2\mu}{C^2} u - \frac{2\alpha}{C^2} \log u = f(u), \qquad \text{avec} \quad u = \frac{1}{r}.$$

Sur des trajectoires voisines de circonférences de centre O, le déplacement du périhélie est à chaque révolution

$$\delta\varpi = 2\pi\left[-1 + \sqrt{\frac{-2}{f''(u)}}\right] = \frac{\pi\alpha a^2}{C^2} = \frac{\pi\alpha a}{\mu(1-e^2)}.$$

Notamment, pour retrouver la formule connue qui explique l'avance du périhélie de la planète Mercure par rapport à la théorie newtonienne, V désignant la vitesse de la lumière, il faut prendre

$$\alpha = \frac{6\mu}{V^2 a^2}, \qquad \text{d'où} \qquad \delta\varpi = \frac{6\pi\mu}{V^2 a(1-e^2)};$$

le coefficient α doit varier d'une planète à l'autre en raison inverse du carré de la distance moyenne au Soleil.

On peut imaginer au contraire que le coefficient α soit proportionnel à la force vive, ou plutôt au carré v^2 de la vitesse de chaque planète, c'est-à-dire, dans des mouvements voisins de mouvements circulaires de centre O, suivant une formule classique, au quotient μ/a. On aurait alors, β désignant une constante, et négligeant le carré e^2, $\alpha = (\beta\mu/a)$, et $\delta\varpi = \pi\beta$: *le déplacement angulaire du périhélie par révolution serait le même pour toutes les planètes.* C'est le résultat qu'on déduit aussi de la loi de Hall. Et l'on pourrait invoquer, en faveur des hypothèses considérées dans cette Note, la phase de la discussion

célèbre (²) de Newcomb, où celui-ci, voulant répartir les avances des périhélies des quatre planètes intérieures par rapport à la théorie newtonienne, introduit comme procédé d'interpolation la loi de Hall.

Remarque au sujet de la Note précédente,
par M. **Jean Chazy.**

Qu'il me soit permis de faire quelques réserves au sujet de la théorie qui est à la base de la Note de M. Zareh Nubar. D'ailleurs toute autre théorie qui aura pour effet pratique d'ajouter à l'attraction newtonienne une répulsion en raison inverse de la distance, de coefficient convenable et aux distances assez petites, expliquera de même l'avance observée du périhélie de Mercure par rapport à la théorie newtonienne, sans apporter de trouble sensible dans les mouvements des autres planètes.

HYDROGRAPHIE. — *Reconnaissance des Iles Balleny par l'Aviso polaire « Commandant Charcot ».* Note (*) de MM. **Max Douguet** et **Edmond Pistre**, présentée par M. Donatien Cot.

Les îles Balleny sont situées sur le cercle polaire antarctique et le méridien 165 E, ce qui les met à 1200 milles au Sud de la Nouvelle-Zélande, et à 300 milles au Nord-Nord-Ouest du Cap Adare, limite Nord-Ouest de la mer de Ross.

Elles furent découvertes en 1839 et rarement approchées depuis parce que presque toujours environnées de glaces. Les meilleures observations qui en avaient été faites, étaient celles du « Discovery II » en 1936 et 1938. Ce navire avait réussi à faire une hydrographie sommaire du groupe Nord, mais n'avait pu observer que de loin l'île la plus méridionale, l'île Sturge.

En mars 1949, le « Commandant Charcot » après avoir rencontré une abondance anormale de glaces devant la Terre-Adélie, trouva au contraire la région des Balleny exceptionnellement dégagée.

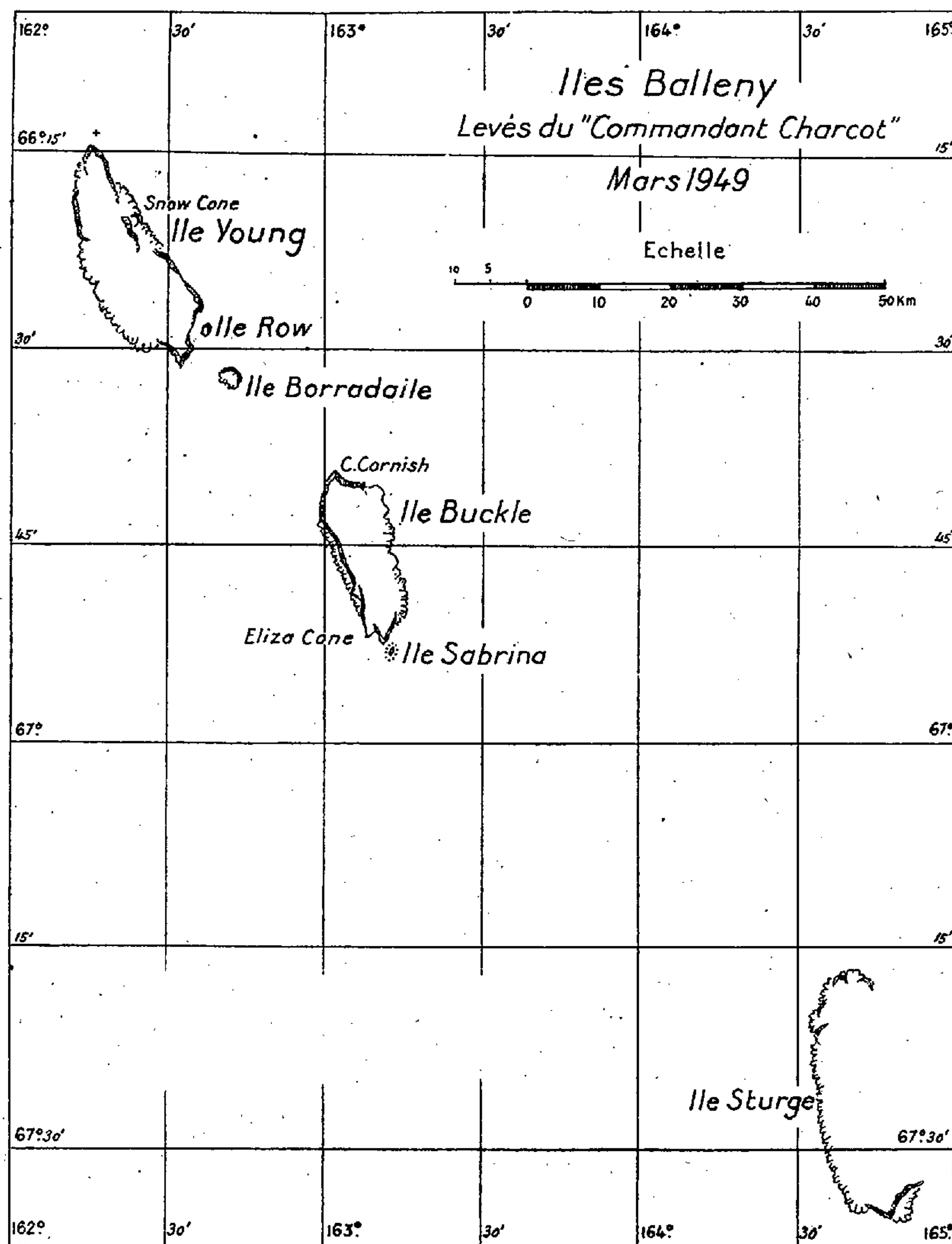
Le levé des îles fut entrepris et à la faveur de deux journées de beau temps, les 3 et 7 mars et une journée de temps maniable le 6 mars, le tracé de l'ensemble des côtes fut réalisé, à l'exception de la côte Est de l'île Sturge qui ne put être ni approchée, ni vue à cause de la glace et des chutes de neige continuelles.

Un débarquement fut effectué sur le petit îlot Sabrina au Sud de l'île Buckle

(²) *The elements of the four inner Planets and the fundamental constants of Astronomy,* Washington, 1895, p. 184.

(*) Séance du 10 octobre 1949.

(le seul débarquement connu antérieurement réussi aux îles Balleny est celui du Capitaine Freeman du « Sabrina » en 1839 sur l'île Borradaile).



Conditions des observations. — Lors du débarquement à Sabrina le temps couvert n'a pas permis d'observations astronomiques à terre. L'ensemble du levé est raccordé à deux points astronomiques à la mer obtenus le 3 mars à 12^h et le 7 mars à $12^h 45^m$, chacun par six droites de Soleil. L'estime du bâtiment, seule base de travail, est d'une assez grande sûreté, grâce à deux jours de calme plat. L'observation du relief intérieur fut rendue difficile par les nuages bas.

Résultats obtenus. — Les trois îles principales et les îles secondaires, ont pu être situées géographiquement avec les précisions suivantes :

Ile Young	(Sommet Snow Cone).....	2	milles
	(Pointe Nord)...........	3	»
Ile Buckle	(Cap Cornish)...........	1,5	»
	(Eliza Cone).............	1,5	»
Ile Sturge	(Pointe Sud) en latitude...	1,5	»
	» en longitude..	2	»
Ile Sturge	(Pointe Nord) en latitude ..	2	»
	» en longitude ..	4	»
Ile Sabrina.........................		1,5	»
Ile Borradaile.......................		1,5	»
Ile Row............................		2	»

Les détails du trait de côte sont exacts à 0,2 mille près pour les côtes Est de Young, Ouest et Nord-Est de Buckle, Nord, Ouest et Sud de Sturge, plus incertains pour les côtes Ouest de Young et Sud-Est de Buckle.

Le levé des îles du groupe Nord, Young, Row, Borradaille et Buckle confirme dans son ensemble celui du « Discovery II » et y ajoute quelques précisions. Les différences entre les deux levés restent inférieures à la précision des procédés employés.

Par contre, le levé de l'île Sturge a montré qu'on s'était jusqu'alors mépris sur les dimensions et la position de cette île, qui est plus petite et plus éloignée de Buckle que ne l'indiquent les documents antérieurs.

Des sondages ont été effectués autour des îles Balleny, à l'aide d'un sondeur ultra-sonore N. J. 3 pour les profondeurs de moins de 250^{m}, d'un appareil Asdic à déflecteur pour les grandes profondeurs. Le premier appareil donne une précision de 2^{m}, le second de 20^{m} seulement. Les sondes profondes ont été corrigées au moyen de la Table H. D. 282 de l'Amirauté Britannique pour tenir compte de la température et de la salinité de l'eau.

ACOUSTIQUE. — *Mécanisme des* « jets sensibles ».
Note (*) de M. **Maurice Dubois**, présentée par M. Joseph Pérès.

Le mécanisme de la sensibilité, c'est-à-dire la formation du panache à une distance notable de l'orifice est un phénomène fort complexe : en lumière ordinaire le jet paraît lisse sur cette distance et l'apparition brusque du panache ne s'explique pas. Il faut avoir recours à la stroboscopie ou à l'observation des jets lents dans l'eau. Alors la complexité du phénomène se révèle et l'on peut y distinguer trois parties :

1° Une ondulation transversale du jet prenant naissance à l'orifice; 2° la

(*) Séance du 10 octobre 1949.

progression de ces ondulations au long du jet avec amplification; 3° la détermination d'un état d'instabilité dans le jet qui devient turbulent et s'ouvre en panache.

Pour la clarté de l'exposé nous supposons le jet issu d'un tube cylindrique vertical, et la direction de propagation du son horizontale et vue de face par l'observateur.

L'amplification des oscillations. — Le jet subit à l'orifice les changements de direction que lui imposent les oscillations du milieu ambiant : cet effet est essentiel. Un jet protégé à l'orifice par un petit manchon est insensible; dégagé à l'orifice et protégé sur sa longueur il reste sensible. Je laisse de côté présentement le détail des phénomènes à l'orifice et leur justification.

Le jet progresse en formant des sinuosités qui paraissent inscrites dans un angle ayant son sommet à l'orifice. Les phénomènes sont comparables à ceux d'un jet issu d'une lance oscillante. Les particules fluides ont des vitesses transversales (par rapport à la direction verticale de progression) qui dépendent de l'instant de sortie : les unes, sans vitesse transversale, progressent suivant la verticale dans le prolongement du tube; les autres progressent suivant des droites plus ou moins déviées soit d'un côté soit de l'autre. Toutes les particules sorties durant une période d'oscillation forment par leur disposition instantanée une sinuosité du jet.

Le problème est donc celui d'une composition de vitesses à l'orifice.

Les divers éléments du jet ont une progression rectiligne (on le constate dans l'eau particulièrement aux sommets des sinuosités). Par suite ils vont en s'écartant de la ligne médiane et c'est ce qui constitue l'amplification des sinuosités. Le cas d'une oscillation unique localisée près de l'orifice, à la suite de laquelle une sinuosité complète progresse et se développe au long du jet, confirme bien ce point de vue.

Toutes les sinuosités restent inscrites dans un angle dont le sommet est à l'orifice et dont l'ouverture dépend du rapport des vitesses longitudinales et transversales. En supposant que le jet prend des vitesses transversales de même ordre que celles du milieu ambiant on obtient des ordres de grandeur conformes à l'expérience : une dizaine de degrés pour les jets lents dans l'eau, une fraction de degré pour les jets sensibles dans l'air.

Tout se passe donc comme si les particules qui sortent de l'orifice à chaque instant étaient lancées avec une vitesse de même sens et de même ordre de grandeur que celle des élongations sonores et en phase avec elle. Il s'ensuit que le premier sommet d'arc, formé un quart de période après le moment de vitesse maxima, présente le décalage latéral $a\omega \times (T/4) > 1,5a$; il est aisé de constater que ce décalage latéral dépasse beaucoup l'amplitude a quasi indiscernable pour le son dans l'air et très réduite pour les oscillations dans l'eau. (Le deuxième sommet du même côté aurait un décalage environ cinq fois plus grand.)

Cet effet de vitesses à l'orifice peut s'expliquer de deux façons :

1° Par impulsions : le milieu fluide ambiant cédant une partie de sa quantité de mouvement en s'écrasant contre le jet très raide à l'orifice. Les particules du jet conservent la vitesse acquise, ce qui n'empêche pas une réaction permanente du milieu en oscillation.

A l'appui de cette explication on peut citer l'expérience suivante : un jet d'eau dans un bac d'essence en oscillation se sépare très rapidement en gouttes qui se disposent approximativement en sinusoïde avec amplification comme ci-dessus.

2° Par effet de viscosité. Le jet, supposé vertical, produit autour de lui un entraînement du fluide ambiant et une « aspiration » de celui-ci localisée principalement dans le plan horizontal de l'orifice.

Les oscillations du milieu troublent l'état régulier des arrivées de fluide autour de l'orifice, produisant, tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, un surcroît de vitesse du fluide, ou même une surabondance en quantité, d'où les inflexions alternatives du jet naissant en phase avec la vitesse du mouvement.

Rappelons de plus que les équations de Bernoulli montrent que les sinuosités d'un jet, tendent d'elles-mêmes à s'accentuer.

L'amplification des ondulations n'est pas le seul phénomène que l'on observe dans ces jets sinueux. On constate aussi une déformation progressive du jet se manifestant principalement par l'apparition de crochets aux sommets des arcs sinueux. Ce phénomène dû aux différences de vitesse entre le centre et les bords du jet, ne paraît pas jouer un rôle important dans les jets sensibles.

PYROTECHNIE. — *Remarques au sujet de la relation entre la température d'explosion d'une poudre colloïdale et sa vitesse de combustion.* Note de MM. **Henri Muraour** et **Gabriel Aunis**, présentée par M. Albert Michel-Lévy.

Nous avons antérieurement montré que le logarithme de la vitesse de combustion d'une poudre colloïdale est une fonction linéaire de sa température absolue d'explosion T, cette température étant calculée dans l'hypothèse de l'équilibre thermodynamique et à partir des chaleurs spécifiques à volume constant. Il paraît cependant peu probable que cette température T soit réellement celle de la couche gazeuse en contact direct avec la poudre; différents faits comme le dépôt de carbone observé aux très basses densités de chargement, conduisent à admettre qu'il existe une réaction primaire, ne correspondant pas à l'équilibre thermodynamique et s'effectuant avec dépôt de carbone. Dans une Note antérieure [1] nous avons montré que même dans cette hypothèse, il existe encore une relation linéaire entre le logarithme de la

---

[1] *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 381.

vitesse de combustion et la température d'explosion T, qui est alors beaucoup plus élevée que celle calculée dans l'hypothèse de l'équilibre thermodynamique. Nous avons jugé utile de rechercher si cette relation linéaire subsiste pour toutes les réactions primaires qu'il est possible d'imaginer pour les différents types de poudres colloïdales. Les calculs ont été exécutés à partir des hypothèse suivantes :

Hypothèse I. — Les produits de décomposition sont en équilibre thermodynamique.

Hypothèse II. — Le carbone brûle en donnant CO_2, il peut rester du carbone libre ; s'il y a un excès d'oxygène, il donne H_2O.

Hypothèse III. — L'hydrogène brûle en donnant H_2O ; l'excès d'oxygène donne CO ; il peut rester du carbone libre ; s'il y a un excès d'oxygène, il donne CO_2.

Hypothèse IV. — L'hydrogène brûle en donnant H_2O, l'excès d'oxygène donne CO_2 ; il reste du carbone libre. (Dans cette hypothèse le dégagement de chaleur est maximum.)

Hypothèse V. — L'azote nitrique donne au début NO, puis l'hydrogène donne H^2O et reste de l'oxygène donne CO ; il reste du carbone libre. Dans une deuxième phase NO oxyde CO en CO_2.

Hypothèse VI. — L'azote nitrique donne au début NO ; l'oxygène restant donne CO_2 ; il reste du carbone libre. Dans une deuxième phase NO oxyde H_2 en H_2O, et s'il y a un excès de NO, il oxyde le carbone en CO_2.

Hypothèse VII. — L'azote nitrique donne au début NO, le carbone voisin d'un azote nitrique donne CO_2 ; l'oxygène restant donne CO ; il reste du carbone libre. Dans une deuxième phase NO oxyde CO en CO_2 puis H_2 en H_2O.

Hypothèse VIII. — L'azote nitrique donne au début NO ; le carbone voisin d'un azote nitrique donne CO_2 ; le reste de l'oxygène donne H_2O ; il reste du carbone libre. Dans une deuxième phase NO oxyde H_2 en H_2O et s'il y a un excès de NO : 8*a* il oxyde le carbone en CO ou bien 8*b* il oxyde le carbone en CO_2

Composition des poudres.	Température d'explosion (°K.) calculée d'après les hypothèses n°s								
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8 *a*.	8 *b*.
CP:25-NG:75	4750	4781	4754	4866	4789	4866	4817	4789	4866
CP:50-NG:50	4123	4206	4099	4436	4328	4391	4269	4328	4436
CP:47-NG:47-Ce:6	3479	3781	3431	4097	4065	4012	3896	4065	4097
Poudre B	2955	3426	2969	3751	3624	3634	3415	3624	3751
CP:62-NG:28-Ce:10	2790	3398	3120	3741	3733	3732	3474	3623	
CP:66-NG:25-Ce:9	2568	3230	2976	3596	3586	3435	3257	3596	
Poudre au dinitrate de diéthylèneglycol	2144	2957	2890	3369	3369	3142	2952	3324	
CP:60-NG:25-Ce:15	2065	3007	2888	3384	3384	3187	3023	3344	

CP = nitrocellulose, NG = nitroglycérine, Ce = diéthyldiphénylurée symétrique.

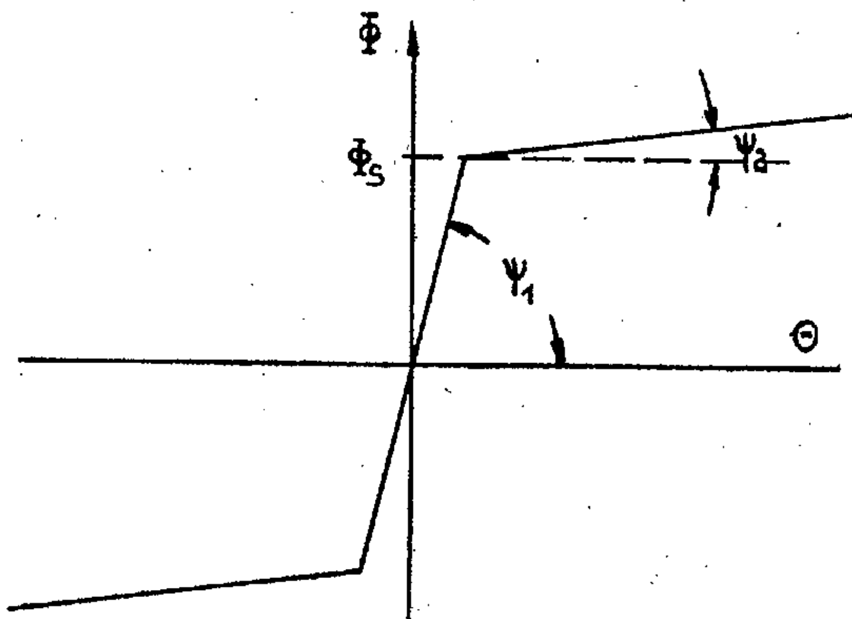
Pour chaque hypothèse on peut dresser des graphiques en portant : en abscisse la température calculée dans l'hypothèse de l'équilibre thermodynamique, en ordonnée la température calculée à partir de chacune des autres hypothèses envisagées. Les points placés sur les graphiques correspondent à des poudres de compositions très diverses dont les températures

absolues d'explosion, calculées dans l'hypothèse de l'équilibre thermodynamique, sont comprises entre 2 065° et 4 750°. Or, sur tous les graphiques les points se sont placés en ligne droite, sauf cependant pour certaines poudres très froides pour lesquelles on observe parfois un léger décalage. *Il en résulte que, pour toutes les hypothèses envisagées, il existe une relation linéaire entre le logarithme de la vitesse de combustion et la valeur de* T. Remarquons que la relation linéaire subsiste encore si les calculs sont exécutés en utilisant, non *les chaleurs spécifiques à volume constant mais* les chaleurs spécifiques à pression constante et que, même dans l'hypothèse, où dans la couche gazeuse en contact avec la poudre, la réaction serait incomplète (existence d'une certaine proportion de NO), il peut encore exister une relation linéaire entre la valeur de T et le logarithme de la vitesse de combustion.

Il n'est donc pas extraordinaire qu'une telle relation ait été trouvée en supposant que la valeur de T correspond à la valeur calculée dans l'hypothèse de l'équilibre thermodynamique.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur les caractéristiques à vide d'un transducteur.* Note (*) de MM. **Kurt Kühnert** et **Michel Delattre**, présentée par M. Louis de Broglie.

En assimilant la courbe d'aimantation d'un noyau de transducteur à des



segments de droite (*fig.* 1), on peut déterminer avec une bonne précision les caractéristiques à vide et en charge d'un transducteur quelconque.

Soit Φ le flux dans un noyau et θ les ampères-tours correspondants.

(*) Séance du 10 octobre 1949.

En posant : $k_1 = \mathrm{tg}\psi_1$ et $k_2 = \mathrm{tg}\psi_2$ nous avons

$$\theta = \frac{\Phi}{k_2} - \frac{k_2 - k_1}{k_1 k_2}\Phi_s \quad \text{pour} \quad +\Phi_s < \Phi,$$

$$\theta = \frac{\Phi}{k_1} \quad \text{pour} \quad -\Phi_s < \Phi < +\Phi_s,$$

$$\theta = \frac{\Phi}{k_2} - \frac{k_2 - k_1}{k_1 k_2}\Phi_s \quad \text{pour} \quad \Phi < -\Phi_s,$$

Φ_s, k_1, k_2 caractérisent complètement le noyau utilisé.

Soient Φ_1 le flux dans le premier noyau, Φ_2 le flux dans le second et Φ_c le flux continu. On peut écrire

$$\Phi_1 = \Phi_{\max} \sin \omega t + \Phi_c,$$
$$\Phi_2 = \Phi_{\max} \sin \omega t - \Phi_c.$$

Soit $t_1 = (T/2\pi) \arcsin[(\Phi_s - \Phi_c)/\Phi_{\max}]$, l'instant auquel le flux Φ_1 passe par la valeur Φ_s et soit θ_1 la valeur des ampères-tours dans le premier noyau. Pour $\Phi_{\max} < \Phi_s$ on obtient

$$\theta_1 = \frac{1}{k_1}\,[\Phi_{\max} \sin \omega t + \Phi_c] \quad \text{pour} \quad 0 < t < t_1,$$

$$\theta_1 = \frac{1}{k_2}\left[\Phi_{\max} \sin \omega t + \Phi_c - \Phi_s\left(1 - \frac{k_2}{k_1}\right)\right] \quad \text{pour} \quad t_1 < t < \frac{T}{2} - t_1,$$

$$\theta_1 = \frac{1}{k_1}\,[\Phi_{\max} \sin \omega t + \Phi_c] \quad \text{pour} \quad \frac{T}{2} - t_1 < t < T.$$

En procédant de même avec Φ_2 on trouve des équations semblables pour les ampère-tours θ_2 dans le deuxième noyau.

θ_1 et θ_2 sont des fonctions périodiques du temps et peuvent être décomposées en composantes : continue θ_c, d'harmoniques impairs θ' et d'harmoniques pairs θ''.

On démontre facilement que

$$\theta' = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \quad \text{et} \quad \theta'' + \theta_c = \frac{\theta_1 - \theta_2}{2}.$$

La caractéristique intéressante est $\theta' = f(\theta_c)$.

En posant $\omega t = \alpha$ et $\omega t_1 = \alpha_1$, ou peut calculer la valeur moyenne θ'_m de θ'. Nous avons

$$\theta'_m = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} \frac{\theta_1 + \theta_2}{2}\,d\alpha,$$

d'où

$$\theta'_m = \frac{1}{\pi}\left\{\int_0^{\alpha_1} \frac{\Phi_{\max}}{k_1} \sin\alpha\,d\alpha + \int_{\alpha_1}^{\pi-\alpha_1}\left[\frac{\Phi_{\max}}{2}\,\frac{k_1 + k_2}{k_1 k_2}\sin\alpha + \frac{\Phi_c - \Phi_s}{2}\,\frac{k_1 - k_2}{k_1 k_2}\right]d\alpha + \int_{\pi-\alpha_1}^{\pi} \frac{\Phi_{\max}}{k_1}\sin\alpha\,d\alpha\right\}.$$

Par ailleurs $\int_0^\pi \theta'' \, d\alpha = 0$, puisque la fréquence du premier terme de θ'' est déjà le double de la fréquence du terme fondamental. Donc

$$\theta_c = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \frac{\theta_1 - \theta_2}{2} \, d\alpha,$$

d'où

$$\theta_c = \frac{1}{\pi} \left\{ \int_0^{\alpha_1} \frac{\Phi_c}{k_1} \, d\alpha + \int_{\alpha_1}^{\pi - \alpha_1} \left[\frac{\Phi_{max}}{2} \sin\alpha \frac{k_1 - k_2}{k_1 k_2} + \frac{\Phi_c}{2} \frac{k_1 + k_2}{k_1 k_2} - \frac{\Phi_s}{2} \frac{k_1 - k_2}{k_1 k_2} \right] d\alpha + \int_{\pi - \alpha_1}^{\pi} \frac{\Phi_c}{k_1} \, d\alpha \right\}.$$

Pour des valeurs de Φ_c telles que $\Phi_c = 0$, $\Phi_c = \Phi_s - \Phi_{max}$, $\Phi_c = \Phi_s$, $\Phi_c = \Phi_s + \Phi_{max}$, on peut calculer les expressions θ'_m et θ_c avec Φ_{max} comme paramètre. On peut en déduire les caractéristiques $\theta'_m = f(\theta_c)$ pour plusieurs valeurs de la tension.

Soit n_a le nombre de spires de l'enroulement alternatif et f la fréquence. Considérons un transducteur en série avec une charge Z et posons

$$K_1 = \frac{2\pi f n_a^2 k_2 . 10^{-8}}{Z(+) 2\pi f n_a^2 k^2 . 10^{-8}}, \qquad K_2 = \frac{2\pi f n_a^2 k_2 . 10^{-8}}{2Z(+) 2\pi f n_a^2 k_2 . 10^{-8}}.$$

En calculant la répartition des tensions pendant l'intervalle de temps O — T on peut trouver un schéma électrique équivalent au transducteur. Par ce schéma on démontre que

Pour $\Phi_c = \Phi_s$, on a θ'_m en charge $= K_1 \theta'_m$ à vide,

θ_c en charge $= K_1 \left(\theta_c \text{ à vide} - \frac{\Phi_s}{k_1} \right) + \frac{\Phi_s}{k_1}$.

Pour $\Phi_c = \Phi_s + \Phi_{max}$, on a θ'_m en charge $= K_2 \theta'_m$ à vide,

θ_c en charge $= K_2 \left(\theta_c \text{ à vide} - \frac{\Phi_s}{k_1} \right) + \frac{\Phi_s}{k_1}$.

On peut ainsi tracer la caractéristique en charge.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur la loi empirique de répartition angulaire de la composante pénétrante dans la basse atmosphère.* Note (*) de MM. **André Fréon** et **Tsai-Chu**, présentée par M. Frédéric Joliot.

I. On sait que cette loi est de la forme :

$I(\theta, P, h) = I_0(P, h) \cos^\lambda\theta$, θ est l'angle par rapport au zénith de la direction suivant laquelle on mesure l'intensité I du rayonnement; I_0 l'intensité verticale.

$P = pc/M_0C^2$ est le moment réduit minimum des particules enregistrées,

(*) Séance du 26 septembre 1949.

fonction de l'écran absorbant utilisé et h, la pression au lieu d'observation, exprimée habituellement en mètres d'eau.

On admet généralement que l'exposant λ est 2, mais des travaux antérieurs (¹) (²) nous ont montré qu'il variait systématiquement autour de cette valeur, diminuant lorsque P ou h augmentent (³). On a donc cherché dans le présent travail à préciser ces variations.

II. Dans ce but, nos mesures précédentes effectuées à l'altitude de 2 058^{m}. ($h = 8^{m},07$ d'eau), 43° N ont été corrigées de l'effet de pression et une nouvelle série de mesures a été faite à Paris, altitude 75^{m} ($h = 10^{m},24$ d'eau) 49° N, au moyen du même appareillage et suivant des directions correspondant à une même quantité d'air traversé, h sec θ, que pour les mesures antérieures.

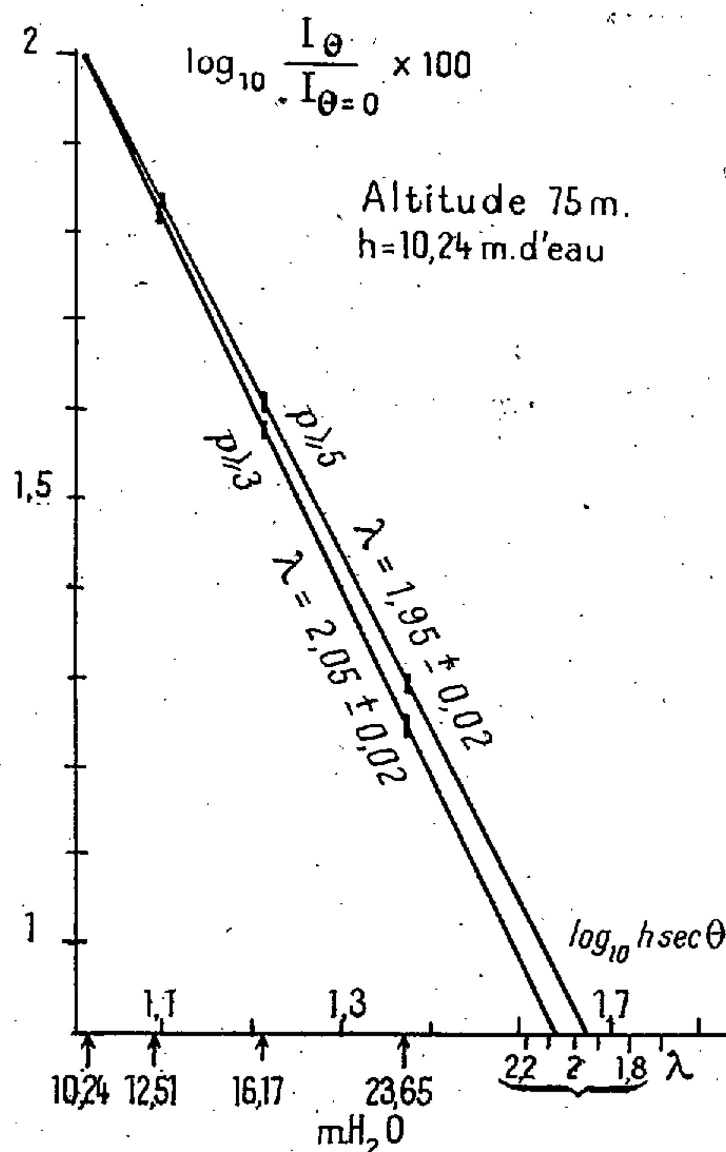


Fig. 1.

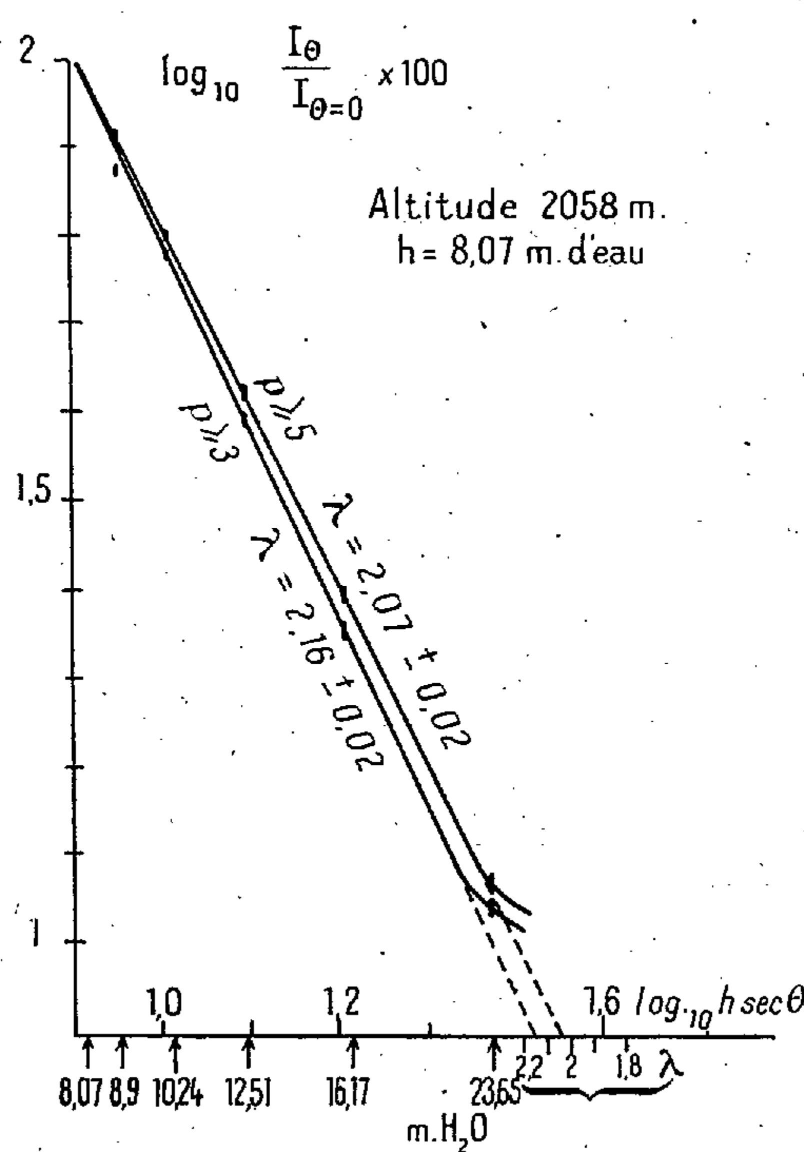


Fig. 2.

Les résultats, corrigés des gerbes, de l'effet de pression et des différences de rendement des compteurs, sont résumés par les figures 1 ($h = 10^{m},24$ d'eau) et 2 ($h = 8^{m},07$ d'eau) qui donnent le logarithme de l'intensité, normalisée par rapport à l'intensité verticale, en fonction du logarithme de $h \sec \theta$. Les points

---

(¹) A. Fréon, *Thèse Doct. Sci.*, Paris 1942.

(²) A. Fréon, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 277.

(³) Il est probable que λ doit au contraire diminuer avec h aux hautes altitudes.

expérimentaux, dont l'erreur probable est de 1,5 % s'alignent sur des droites dont le coefficient angulaire donne la valeur correspondante de λ à 1 % près par suite de la cohérence interne des résultats.

Il convient cependant de noter *fig.* 2 un point aberrant non significatif (1 écart probable), ainsi qu'un écart systématique pour l'angle maximum ($\theta = 70°$) également observé par d'autres expérimentateurs (4) et vraisemblablement attribuable à des effets de diffusion qui limitent la validité des résultats aux angles inférieurs à 65°.

III. — Ces valeurs de λ jointes à celles obtenues antérieurement (1) pour $h = 6^m,8$ d'eau (3500m) et au niveau de la mer, permettent d'établir que λ est une fonction linéaire de P et parabolique de h, les variables sont séparées et l'on peut exprimer les variations de λ par la formule :

$$\lambda(h, P) = 4,02 + 0,016\,h^2 - 0,347\,h - 0,0373\,P,$$

valable à 1 % près pour $0 \leq \theta \leq 65°$, $3 \leq P \leq 14$ (écrans de plomb de 15 à 98cm), $10,33 \geq h \geq 6^m,8$ d'eau, c'est-à-dire entre le niveau de la mer et 3500m.

Pour achever d'expliciter $I(\theta, P)$, h, il faut connaître $I_\rho(P, h)$. $I_\rho(h)\,P \simeq 3$ est donné par les expériences de Rossi et de celles de ses collaborateurs (5) avec lesquelles les nôtres concordent à moins de 5 % près. $I_\rho(P)$. $h = 10,33$ est donné par le spectre des moments de Wilson (6) au niveau de la mer. Il conviendrait d'entreprendre des mesures analogues à deux altitudes supérieures voisines de 2000 à 3500m. Une partie des données nécessaires est fournie par un travail récent de Miller et de ses collaborateurs (7), effectué à l'altitude de 3400m.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude aux rayons* X *de l'orientation et de la structure de certains composés organiques à longue chaîne* (*dicétones-acyloïnes-glycols*). Note (*) de M. **Jean-Jacques Trillat**, Mme **Suzanne Barbezat** et M. **Félix Bouquet**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Dans ce travail, nous avons cherché à examiner les phénomènes d'orientation présentés par des composés organiques à longue chaîne, tels que mono et dicétones saturées, glycols préparés à partir d'acides gras et acyloïnes.

En utilisant la méthode de fusion sur une lame de verre, suivie d'un refroidissement lent, et examinant ensuite la préparation par la méthode du cristal

---

(4) A. Voisin, A. Rogozinski, *J. Phys. Rad.*, **10**, no 5, 1949, p. 105.

(5) B. Rossi, Hilbery et Hoag, *Phys. Rev.*, **57**, 1940, p. 461.

(6) J. G. Wilson, *Nature G. B.*, **158**, 1946, p. 415.

(7) C. E. Miller, J. E. Henderson, D. S. Potter et J. Todd jr., *Bull. amér. Phys. Soc.*, **24**, 1949, no 4, p. 9 et no 6 p. 12.

(*) Séance du 10 octobre 1949.

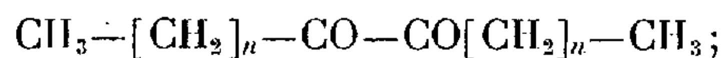
tournant ou du cylindre tangent, nous avons obtenu des diagrammes constitués d'un grand nombre de raies équidistantes correspondant aux divers ordres de réflexion des rayons X sur des plans réticulaires parallèles au support.

Nous avons opéré sur des monocétones symétriques



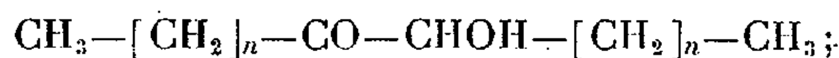
$$CH_3-[CH_2]_n-CO-[CH_2]_n-CH_3;$$

sur des dicétones



$$CH_3-[CH_2]_n-CO-CO[CH_2]_n-CH_3;$$

sur des acyloïnes



$$CH_3-[CH_2]_n-CO-CHOH-[CH_2]_n-CH_3;$$

et sur des glycols



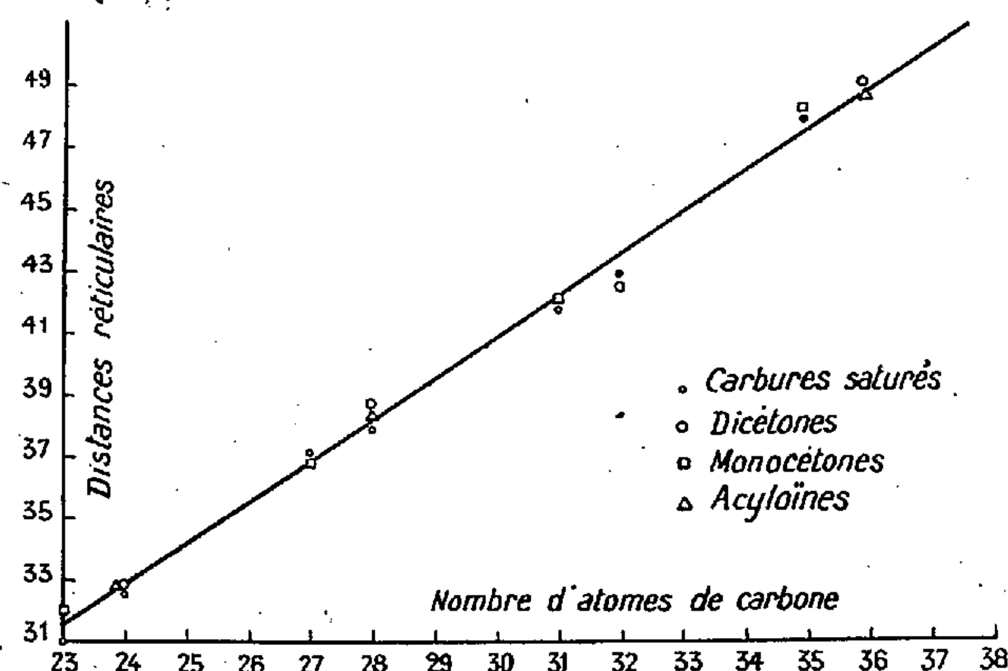
$$CH_3-[CH_2]_n-CHOH-CHOH-[CH_2]_n-CH_3,$$

préparés à partir des acides gras correspondants $CH_3-(CH_2)_n-COOH$.

Les grandes équidistances mesurées en Angströms figurent dans le tableau suivant, en regard du nombre total d'atomes de carbone du composé étudié.

Nombre N d'atomes de carbone.	Carbures saturés (d'après Müller) (Å).	Monocétones (1^{mol} par couche) (Å).	Dicétones (1^{mol} par couche) (Å).	Acyloïnes (1^{mol} par couche) (Å).	Gycols (1^{mol} par couche). (Å).
36.......	–	–	48,9	48,75	44,9 47,75
35.......	47,7	47	–	–	↑ ↑
32.......	42,7	–	42,2	–	40,5 42,25
31.......	41,6	40,9	–	–	↑ ↑
28.......	37,75	–	38,7	38,5	└─36,8─┘
27.......	37,1	36,8	–	–	–
24.......	32,6	–	32,8	32,8	32,1
23.......	–	32,1	–	–	–

On y a également donné les valeurs des équidistances pour les carbures saturés correspondants. La courbe représente la variation des distances réticulaires en fonction du nombre N d'atomes de carbone.

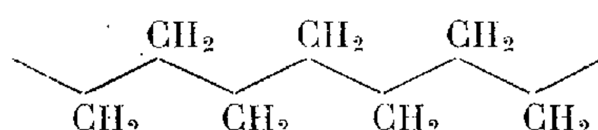


De ce tableau, ainsi que de l'examen de la courbe et des spectrogrammes X, il ressort plusieurs constatations que l'on peut résumer comme il suit :

1° Comme pour les autres séries de composés organiques à longue chaîne, la variation de la grande distance réticulaire est *proportionnelle* au nombre d'atomes de carbone. Les ordres impairs de réflexion sont toujours intenses, les ordres pairs faibles ou nuls; l'interprétation conduit à la conclusion que chaque stratification comporte une seule molécule.

2° Les droites représentatives sont pratiquement confondues pour les carbures saturés, les monocétones, les dicétones et les acyloïnes. L'inclinaison de la droite permet de calculer la variation Δd de la distance réticulaire par atome de carbone; on trouve $\Delta d/\Delta N = 1,26$ Å.

Cette valeur correspond à l'accroissement théorique de la longueur d'une chaîne polyméthylénique par groupe CH_2 ajouté ($\Delta = 1,27$ Å), dans l'hypothèse (vérifiée expérimentalement) d'une chaîne en zig-zag régulier



chaque branche formant avec la suivante l'angle tétraédrique 109°28'. Il en résulte que les composés en question s'orientent comme les hydrocarbures saturés, c'est-à-dire perpendiculairement au support; on obtient donc ainsi la mesure directe de la longueur de la molécule. Les mailles cristallines sont orthorhombiques et pratiquement identiques à celles des hydrocarbures, comme le prouve également l'identité des petites distances réticulaires obtenues à partir des spectrogrammes pris par transmission (3,7 et 4,2 Å).

Enfin de l'identité des valeurs trouvées pour les dicétones et les acyloïnes, on peut conclure que les groupes —CO—CO— et —CHOH—CO occupent le même volume dans la molécule.

3° Pour les glycols, on observe ordinairement, à partir du glycol palmitique (C 16) deux valeurs de l'équidistance. Cela peut provenir soit d'un polymorphisme, déjà observé fréquemment pour les corps de la série grasse, soit encore d'une différenciation entre la forme racémique et la forme inactive par nature.

La variation $\Delta d/\Delta N$ par atome de carbone est ici égale à 1,26 ou 1,06 suivant les valeurs observées. Dans le premier cas, les chaînes sont normales au support, dans l'autre inclinées par rapport à la normale d'un angle de 33°.

4° Tous ces corps s'orientant aisément par fusion ainsi que par pression sont susceptibles de jouer un rôle dans le phénomène de lubrification, ainsi que cela a été montré pour d'autres corps analogues (J.-J. Trillat).

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Tensions de vapeur de quelques liquides organiques purs*. Note de M[lle] **Esther Nicolini** et M. **Paul Laffitte**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous avons mesuré les tensions de vapeur de quelques liquides organiques de grande pureté à l'aide d'une méthode statique permettant d'opérer sur des

produits parfaitement dégazés, le mercure et le liquide étudié étant distillés sous vide directement dans l'appareil. La précision des résultats est de $0^{mm},1$ Hg pour les températures comprises entre 10° et 30°; elle est de 0,2-$0^{mm},3$ pour les autres températures. Les substances étudiées (provenant soit du commerce, soit de préparations de laboratoire pour les formals et acétals), avaient les températures d'ébullition (t_e) et les indices de réfractions suivants :

Iso-octane (2.2.4-triméthylpentane) : t_e 99°,5 (p 766mm), n_D^{20} 1,392;
n-pentane : t_e 36°,1 (p 760mm, n_D^{20} 1,357;
2.2.*diméthylbutane* : t_e 49°,9 (p 760mm), n_D^{20} 1,367;
méthylcyclohexane : t_e 100°,6 (p 760mm), n_D^{20} 1,423;
éther di-isopropylique : t_e 68°,6 (p 760mm), n_D^{25} 1,366;
acétal diéthylique : t_e 103°,6 (p 760mm), n_D^{22} 1,3812;
acétal diméthylique : t_e 64°,3 (p 760mm), n_D^{21} 1,367;
formal diéthylique : t_e 87°,9 (p 760mm), n_D^{21} 1,374;
formal diméthylique : t_e 42°,55 (p 767mm), n_D^{15} 1,3561.

Les tensions de vapeur (p mm Hg à 0°C) sont rassemblées dans les tableaux suivant :

1. *Iso-octane.*

t (°C).	p.	t (°C).	p.	t (°C).	p.	t (°C).	p.
23,40....	47,9	38,85...	94,8	52,10...	160,5	65,25...	258,7
29,70....	63,6	40,60...	102,2	54,75...	177,4	67,00...	274,9
31,30....	68,1	43,40...	114,3	56,20...	187,1	69,5....	299,2
33,40....	74,8	46,10...	127,2	58,25...	201,3	72,25...	328,2
35,10....	80,7	48,35...	138,7	62,30...	233,3	75,00...	358,7
37,25....	88,5	–	–	–	–	–	–

2. *n-pentane;* 2.2-*diméthylbutane et méthylcyclohexane.*

t (°C).	n-pentane.	2.2-diméthyl-butane.	Méthyl-cyclohexane.	t (°C).	2.2-diméthyl-butane.	Méthyl-cyclohexane.
0......	183,9	110,3	12,4	32......	414,1	–
2......	200,9	121,3	–	35......	461,2	73,7
5......	228,7	138,7	16,4	38......	512,8	–
8......	260,6	159,0	–	40......	550,3	91,9
10......	283,9	173,6	21,6	42......	589,5	–
12......	308,3	189,6	–	45......	650,1	113,1
15......	348,5	213,9	28,1	50......	–	137,9
18......	393,0	242,9	–	55......	–	167,3
20......	425,0	263,2	36,5	60......	–	200,7
22......	459,1	284,9	–	65......	–	241,6
25......	512,0	319,3	46,5	70......	–	286,6
28......	571,2	357,0	–	–	–	–
30......	613,9	384,5	58,8	–	–	–

3. *Éther diisopropylique; acétals diéthylique et diméthylique, formals diéthylique et diméthylique.*

t (°C).	Éther diiso-propylique.	Acétals		Formals	
		diéthylique.	diméthylique.	diéthylique.	diméthylique.
0	44,3	7,9	50,3	17,7	130,7
5	57,7	10,9	65,4	23,5	166,0
10	74,5	14,7	84,4	31,0	209,4
15	95,1	19,7	107,9	40,6	261,5
20	120,7	26,1	136,8	52,7	325,1
25	150,7	34,1	171,2	67,1	397,8
30	186,7	44,0	212,2	85,1	483,5
35	229,9	56,5	261,3	106,8	584,5
40	281,5	71,9	320,0	133,5	–
45	340,0	90,5	387,0	164,7	–
50	407,9	112,6	464,4	201,1	–
55	486,2	138,2	553,5	244,6	–
60	575,5	168,9	655,2	295,0	–
65	–	205,6	–	353,7	–
70	–	248,4	–	420,8	–
75	–	–	–	499,0	–

MÉTALLOGRAPHIE. — *Contribution à l'étude de la relation entre la structure micrographique et la résistance au fluage. Influence de la charge.* Note (*) de MM. **Georges Delbart** et **Michel Ravery**, présentée par M. Albert Portevin.

Dans une Note précédente (1) nous avons montré, pour des essais de courte durée, comment la vitesse de fluage d'un acier au chrome-molybdène (C = 0,15, Cr et Mo = 0,6) variait en fonction de la structure micrographique et à des températures d'essai comprises entre 450° et 575°.

La suite de nos recherches a permis de préciser l'importance d'une variation de température donnée sur la résistance au fluage de chaque structure. La nomenclature de ces structures est reportée sous la figure 1; celle-ci représente les courbes donnant la charge σ en fonction de la température T pour une vitesse de fluage de 5.10^{-4} %/heure. Ces courbes sont pratiquement rectilignes jusqu'à 525°.

Soit φ l'angle d'une de ces droites avec l'axe des charges σ, plus cet angle φ est grand en valeur absolue, plus est faible la variation de charge $d\sigma$ correspondant à une variation de température dT donnée. On voit d'après la valeur de cet angle φ que les structures, définies sous la figure 1, se rangent de la

(*) Séance du 3 octobre 1949.

(5) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1025-1027.

façon suivante par ordre de stabilité de résistance au fluage décroissante pour une élévation de température donnée : M, B-K, A-L, D, E, C-P, H, et l'on remarque que *la stabilité de la résistance au fluage de chacune de ces structures, sous l'effet d'une élévation de empérature, est d'autant plus grande que l'austénite qui lui a donné naissance s'est transformée à une température plus élevée.*

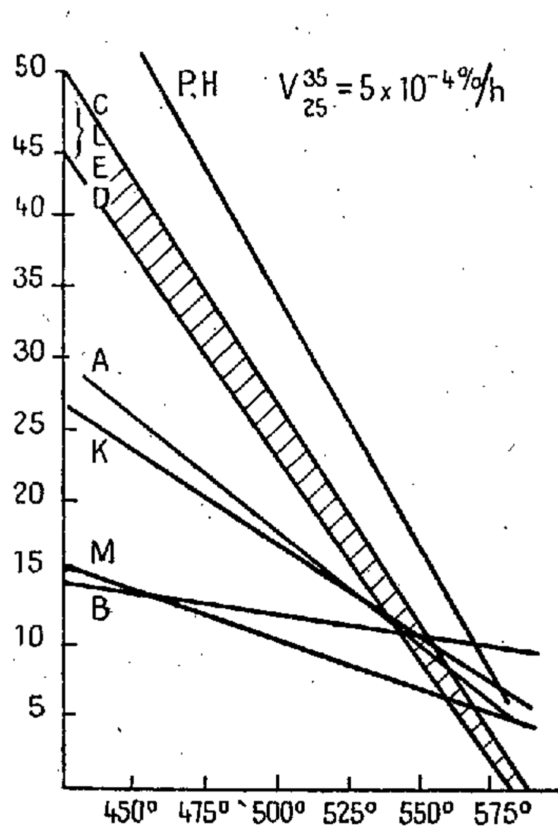


Fig. 1.

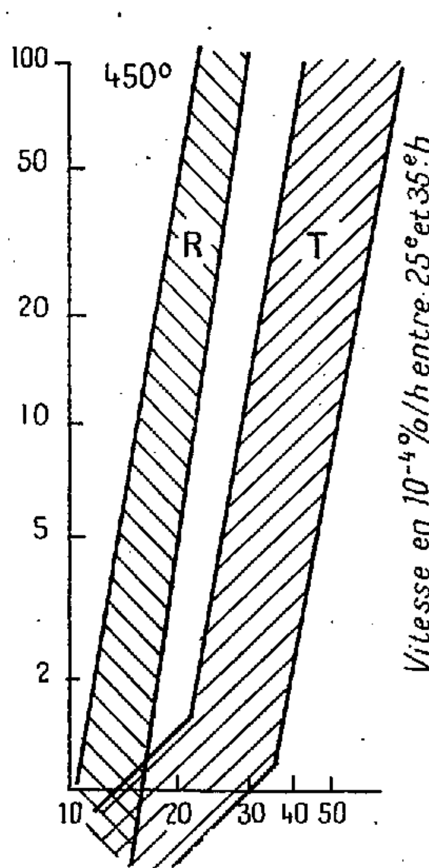


Fig. 2.

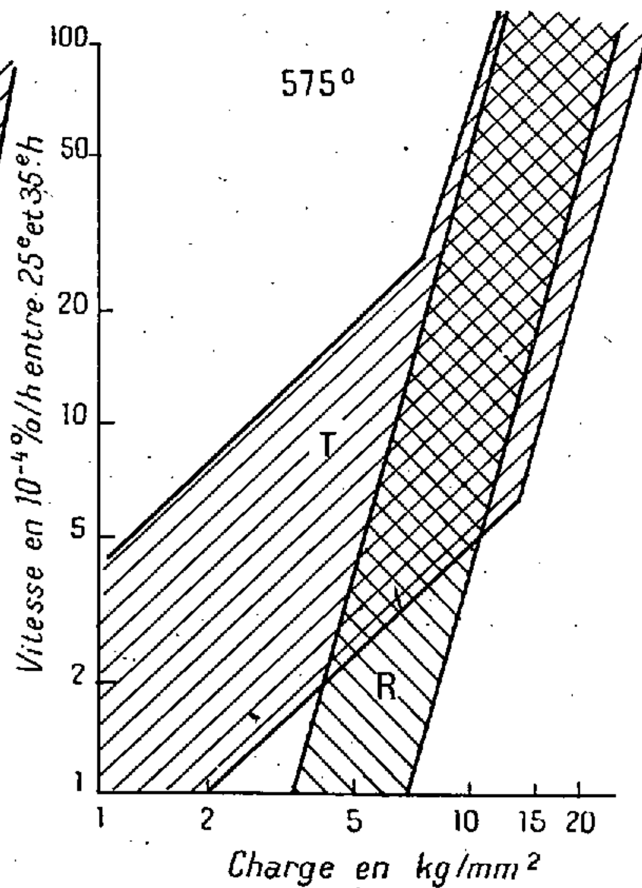


Fig 3.

M, ferrite-bainite supérieure (ref. au four); B, ferrite-perlite; K, ferrite-bainite supérieure; A, ferrite-bainite; L, D, E, sorbites; C, P, H, bainites inférieures.

Nos essais ont été menés de manière à déterminer également la relation liant la vitesse de fluage à la charge pour une même température d'essai. En première analyse, les structures se partagent en deux familles. Celles qui se sont formées dans les domaines Ar′ et Ar″ supérieur et qui contiennent de la ferrite en grain associée à la perlite ou à la bainite supérieure, sont groupées dans la famille R. Leur courbe $\log v = f(\log \sigma)$ est représentée par une droite à forte pente.

Les structures composées de bainite inférieure ou de sorbite, sans ferrite granulaire, ont été groupées dans la famille T. Leur courbe $\log v = f(\log \sigma)$ se compose de deux demi-droites D_1 et D_2 (*fig.* 2).

Pour les faibles charges, la droite D_1 a une de pente comprise entre 0,7 et 1,4, c'est-à-dire de pente moyenne égale à 1; pour les charges supérieures, la droite D_2 a la de même pente que celles de la famille R.

La figure 2 montre la disposition relative des courbes des familles T et R à 450°. Quand la température s'élève, les courbes se déplacent vers les charges plus faibles et les vitesses plus élevées. Mais, comme le montre la figure 1, les courbes T se déplacent plus rapidement que les courbes R et, à 575° (*fig.* 3), les courbes des deux familles sont sensiblement superposées.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Structure électronique, moment dipolaire et énergie de résonance de l'azulène.* Note de M. **Gaston Berthier** et Mme **Alberte Pulman**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'étude de la structure des molécules aromatiques non benzénoïdes, telles le fulvène ou l'azulène à l'aide des approximations habituelles de la méthode des orbitales moléculaires (1), tout en permettant de prévoir que ces hydrocarbures devraient avoir un moment dipolaire appréciable, conduit à un moment théorique beaucoup plus élevé que ne l'est le moment expérimental (2). L'accord entre la théorie et l'expérience est amélioré en partie lorsque l'on tient compte des variations des intégrales de résonance des différentes liaisons C—C mais demeure encore insuffisant (2). Wheland et Mann (3) ont montré récemment sur l'exemple particulier du fulvène que l'accord devient tout à fait satisfaisant lorsque l'on tient compte également des variations dans les intégrales coulombiennes des atomes de C. Ces intégrales étant de la forme $\alpha + \delta_i\beta$, les modifications à leur faire subir consistent, selon ces auteurs, à prendre des δ_i égaux aux *valeurs nettes* des charges des C_i (excès ou défaut par rapport à l'unité), calculées sans ce correctif. Ces auteurs supposent que leur correctif conviendrait dans tous les cas. Il serait suffisant pour les homologues supérieurs du fulvène, dont les moments dipolaires ont été récemment déterminés par Lumbroso, Pacault et Pullman (4).

Le moment dipolaire expérimental de l'azulène est de l'ordre de 1 D (3). La distribution des charges électriques, évaluée avec les approximations habituelles donne un moment théorique de l'ordre de 6,4 D (5). Lorsque l'on tient compte des différentes valeurs des intégrales de résonance des différentes liaisons C—C, ce moment est ramené à 5,25 D (6). Nous avons appliqué maintenant à cette molécule le correctif du type Wheland-Mann. La répartition des charges électriques dans l'azulène est alors représentée sur la figure 1 et correspond à un moment théorique de l'ordre de 3,8 D. Le désaccord entre la théorie et l'expérience reste donc appréciable.

Ce désaccord peut être attribué à deux facteurs : 1° Il peut être dû à ce que le correctif du type Wheland-Mann, dont la grandeur est arbitraire, n'est pas suffisant dans tous les cas et à ce *qu'il faut adopter parfois pour les* δ_i *des*

(1) Ces approximations comportent l'attribution d'une même intégrale de résonance β à toutes les liaisons C—C et d'une même intégrale coulombienne α à tous les atomes de C.

(2) Pour un exposé général, *voir* G. Berthier et B. Pullman, *Colloque, International sur la Polarisation de la Matière*, Paris, Avril 1949, (*Bull. Soc. Chim.*, sous presse).

(3) *J. Chem. Phys.*, **17**, 1949, p. 264.

(4) *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).

(5) C. A. Coulson et H. C. Longuet-Higgins, *Rev. Scient.*, 1947, p. 929.

(6) Mme A. Pullman et G. Berthier, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 677.

valeurs supérieures aux nombres exprimant les charges nettes des C_i; 2° Il peut aussi être dû, pour le moins en partie, à ce que l'azulène n'est pas rigoureusement plan et que le degré de conjugaison et du transfert des charges y est inférieur, par conséquent, à celui indiqué par le calcul, effectué dans l'hypothèse d'une planéité complète. Toutefois, le défaut de planéité d'un cycle heptagonal ne paraît pas être grand ([7]) et ne saurait pas, probablement, rendre compte de l'existence d'un si grand écart entre la théorie et l'expérience. Il est possible, naturellement, que les deux facteurs jouent conjointement.

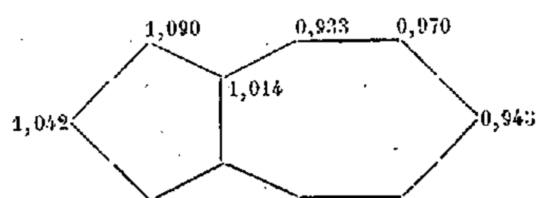


Fig. 1. — Distribution des charges dans l'azulène.

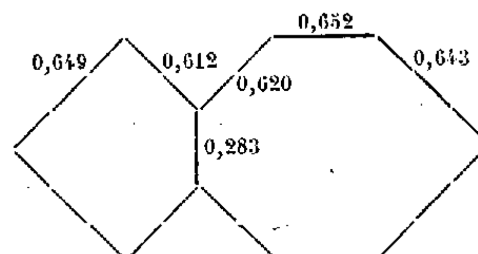


Fig. 2. — Distribution des indices de liaisons dans l'azulène.

Le nouveau calcul donne 3,08 β comme valeur de l'énergie de résonance de l'azulène, au lieu de la valeur ancienne de 3,36 β. La valeur expérimentale étant de 46 kcal/mol ([8]), on en tire $\beta = 13,7$ kcal/mol, valeur inférieure à celle trouvée pour les hydrocarbures benzénoïdes (= 18-20 kcal/mol) ([9]), la réduction étant du même ordre de grandeur que celle de β_{spect} de l'azulène par rapport au β_{spect} du naphtalène ([10]). L'énergie de résonance obtenue par la méthode de la mésomérie étant de 1,14 α ([9]), le rapport β/α est maintenant de l'ordre de 0,37 au lieu de la valeur ancienne de 0,33. Il se rapproche donc de la valeur usuelle pour les hydrocarbures benzénoïdes, égale à 0,55 ([9]) ([11]), mais l'amélioration, ici aussi, est faible.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur les spectres d'absorption de dérivés naphtaléniques.* Note de M. **Árpád Kiss**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il a été démontré ([1]), ([2]), ([3]), que les transitions électroniques des corps aromatiques sont des transitions polarisées suivant l'axe court (y) ou l'axe

---

([7]) *Voir* par exemple, E. Merkel et C. Wiegand, *Naturforsch.*, 3, 1948, p. 93.

([8]) E. Heilbronner et K. Wiegand, *Helv. Chim. Acta*, 30, 1947, p. 947.

([9]) G. W. Wheland, *J. Chem. Phys.*, 2, 1934, p. 474; *J. Amer. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 2025.

([10]) H. B. Klevens et J. R. Platt, *J. Chem. Phys.*, 17, 1949, p. 470; A. D. Mann, J. R. Platt et H. B. Klevens, *J. Chem. Phys.*, 17, 1949, p. 481.

([11]) J. Syrkin et M. Diatkina, *Acta Physicochim. U.R.S.S.*, 21, 1946, p. 641.

([1]) *Chem. Rev.*, 25, 1948, p. 273.

([2]) R. N. Jones, *J. Amer. Chem. Soc.*, 67, 1948, p. 2027.

([3]) G. N. Lewis et J. Bigeleisen, *J. Amer. Chem. Soc.*, 65, 1943, p. 520, 2102, 2107.

long (x) des molécules. Selon la théorie de Lewis et Calvin ([1]), la première bande d'absorption du naphtalène (celle qui a la longueur d'onde la plus longue) est polarisée suivant l'axe des x et la seconde bande suivant l'axe des y.

Partant de ces considérations, la structure des courbes d'absorption des dérivés du naphtalène paraît pouvoir être interprétée d'une façon cohérente.

La bande bien connue du benzène a son maximum à 2550 Å. Le naphtalène possède deux bandes, une à 3080 Å et une autre à 2760 Å. C'est cette dernière qui a l'extinction la plus considérable. Selon la théorie de Lewis et Calvin, les bandes à 3080 Å et à 2760 Å correspondent respectivement à la transition polarisée suivant l'axe long (x) et l'axe court (y). En raison de la grande symétrie du benzène, aucune distinction n'est possible entre ces deux directions, et l'on ne trouve effectivement qu'une bande dans ce domaine spectral. Dans le cas du naphtalène, la polarisation suivant l'axe des x est moins probable que suivant l'axe des y.

La bande du naphtalène, qui est située à 2200 Å, correspond sans doute au second état excité qui est polarisé suivant l'axe long. Nous ne nous étendrons pas sur elle dans cette Note.

Ceux des dérivés du naphtalène qui contiennent un substituant apte à la conjugaison en position α ou β, se trouvent déjà polarisés dans l'état de base. D'après les résultats expérimentaux, chez les dérivés α on ne trouve que la bande y, tandis que chez les dérivés β on trouve à la fois une bande y et une bande x. La longueur d'onde des maxima d'absorption des bandes est déterminée par l'énergie d'excitation et leur extinction par le moment de transition, c'est-à-dire, en première approximation, par le changement qui se produit lors de la transition électronique dans le moment dipolaire.

Conformément à ce qui vient d'être dit, on trouve une bande d'absorption dans la courbe de l'α-naphtylamine et deux dans celle du β-naphtylamine ([4]). Chez les dérivés α, la bande y se trouve à 3100 Å. C'est la bande principale du naphtalène, qui s'est déplacée vers les ondes longues en raison d'une diminution de l'énergie d'excitation. Cette bande cache peut-être la bande qui correspond à la polarisation suivant l'axe des x, mais l'analyse de la courbe ne permet pas de conclure avec certitude. Chez les dérivés β, la bande y se trouve à 2860 Å. Autrement dit, la bande principale du naphtalène est moins déplacée ici vers les ondes longues. La bande x est nettement séparée, son maximum étant à 3360 Å.

La situation est analogue en ce qui concerne l'α et le β-naphtol et aussi l'α et le β-nitronaphtalène ([5]), mais chez ces derniers l'absorption propre du groupe

---

([4]) A. Kiss et E. Csetneky, *Acta. Chem. Phys. Szeged*, 2, 1948, p. 192.

([5]) E. Hertel et H. Lührmann, *Z. Elektrochem*, 47, 1941, p. 813.

nitro rend le phénomène moins net. La structure des courbes de l'α- et du β-phénylnaphtalène est similaire ([6]) en dépit de l'empêchement stérique.

Dans le cas du 1.1'-dinaphtyl ([7]), il n'y a pas de conjugaison entre les deux noyaux naphtaléniques. Lors de la première excitation, la polarisation se produit suivant l'axe des y pour toutes les deux parties de la molécule, aussi ne retrouve-t-on que la bande y. Par conséquent le spectre de ce corps ne diffère pas beaucoup de celui du naphtalène et l'extinction de la courbe est de $\log \varepsilon = 0,33$ plus grande que celle de la courbe du naphtalène.

Chez le 2.2'-dinaphthyl ([7]) l'empêchement stérique n'intervient presque pas C'est un dérivé β et l'on retrouve effectivement et la bande x et la bande y. Chez le 1.2'-dinaphtyl l'empêchement stérique doit être moins fort que pour le 1.1'-dinaphtyl,mais cela paraît suffisant pour empêcher la conjugaison entre les deux parties de la molécule et son spectre se rapproche de celui du 1,1'-dinaphtyl.

Sur les dérivés hydroxylé et méthoxylé ([8]), on constate des phénomènes analogues.

Chez le 2-amino-2'-hydroxy-1, 1'-di-naphtylméthane et chez le *bis* (hydroxy-1, 1'-naphtyl)-méthane ([8]), les deux parties de la molécule se conduisent comme des chromophores indépendants par suite de l'effet isolateur du groupe CH_2. Les courbes de ces corps peuvent être composées respectivement des courbes du β-naphtol et du β-naphtylamine ou de deux β-naphtols. Les bandes x et y sont situées presqu' aux mêmes endroits que chez lesdits dérivés. Étant donné qu'à cause de l'empêchement stérique les deux parties de la molécule ne peuvent pas s'établir dans un même plan, l'absorption de ces corps est moindre que la somme de l'absorption de leurs composants.

Dans le cas du 4-céto-, et du 1-céto-tétra-hydro-phénanthrène ([9]) qui peuvent être considérés comme des dérivés respectivement α et β du naphtalène, on retrouve la bande y chez le premier et les deux bandes x et y chez le second.

Tous ces exemples confirment l'exactitude de l'interprétation donnée plus haut.

Les courbes d'absorption des dérivés disubstitués du naphtalène cadrent également avec ces conceptions ([4]) ([5]). Nous en effectuons actuellement une étude détaillée afin d'en fournir les preuves.

([6]) M. ORCHIN et L. REGGEL, *J. Amer. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 200.

([7]) R. A. FRIEDEL, M. ORCHIN et L. REGGEL, *J. Amer. Chem., Soc.*, 70, 1948, p. 199.

([8]) R. S. CARLEY et E. R. BLOUTH, *J. Amer. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 755.

([9]) A. L. WILLDS, L. W. BECK, W. J. CLOSE, C. D. DJERASI, J. A. JOHNSON et C. A. SCHUNCK, *J. Amer. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 1985

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le γ-phénylacétylacétate d'éthyle*. Note de MM. **David Libermann**, **Jean Himbert**, **Louis Hengl** et **Georges Kirchhoffer**, présentée par M. Marcel Delépine.

En 1923, Attwood et collaborateurs (1) pensèrent avoir préparé le γ-phénylacétylacétate d'éthyle $C_6H_5.CH_2.CO.CH_2.CO_2C_2H_5$ (I), par la condensation de l'acétate d'éthyle avec le phénylacétate d'éthyle en présence de sodium. Sonn et Litten (2) identifièrent cependant leur produit à l'α-phénylacétylacétate d'éthyle et proposèrent de préparer (I) par l'ammonolyse de l'α-acétyl-γ-phénylacétylacétate d'éthyle $C_6H_5.CH_2.CO.CH(CO.CH_3).CO_2C_2H_5$ (II) avec l'ammoniaque à 0,5 %. Borsche et Hahn (3) disent avoir amélioré la méthode de Sonn et Litten en effectuant le clivage de (II) par l'ammoniaque en présence d'éther; le rendement aurait été de 60 % au lieu de 40 % avancé par Sonn et Litten. Anderson et collaborateurs (4) disent avoir appliqué la méthode de Borsche et Hahn et obtenu un rendement du 31 %. Récemment, Becker (5) a émis des doutes sur la nature du produit obtenu par Sonn et Litten. L'identité des sels de cuivre et l'écart d'un seul degré entre les points de fusion des semicarbazones suggèrent à Becker l'idée que le produit obtenu par Sonn et Litten pourrait être identique à leur produit de départ (II). Becker ne propose cependant aucune autre méthode pour obtenir (I).

Étant amenés à préparer le γ-phényl-acétylacétate d'éthyle nous nous sommes vite aperçus que la méthode de Sonn et Litten conduisait à des résultats par trop incertains. Ayant remplacé l'ammoniaque par le méthylate de sodium (6), nous estimons être parvenus à obtenir cet ester (I) à l'état pur. Les constantes physiques des esters (I) et (II) sont très voisines, sauf en ce qui concerne les points d'ébullition, mais les constantes de leurs dérivés, et en particulier celles des sels de cuivre et des semicarbazones, sont assez dissemblables pour paraître écarter les doutes sur la nature du produit préparé par notre méthode. Nous les consignons ci-dessous : $É_4$: I, 126-128°; $É_5$: II, 153-157°. n_D^{22} : I, 1,5130; II, 1,5140. D_4^{27} : I, 1,090; II, 1,098. Sel de cuivre (F) : I, 159°; II, 188°; mélange, 130°. Semicarbazone (F) : I, 127-128°; II, 114-117°.

---

(1) Attwood, Stevenson et Thorpe, *J. of Chem. Soc.*, 123, 1923, p. 1755.

(2) *Ber. d. chem. Ges.*, 66, 1933, p. 1514.

(3) *Annalen der Chemie*, 538, 1939, p. 244.

(4) Anderson, Halverstadt, Miller et Roblin, *J. Am. Chem. Soc.*, 67, 1945, p. 2197.

(5) *Helv. Chim. Acta.*, 32, 1949, p. 1114.

(6) Ställberg-Stenhagen, *Archiv. Kemi. Min. Geol.*, 20 A 1945, n° 19, 17; Soloway et La Forge, *J. Am. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 2677.

Préparation de l'α-acétyl-γ-phénylacétylacétate d'éthyle (II). — On ajoute 11^g de sodium à une solution de 62^g d'acétylacétate d'éthyle dans 1^l de benzène anhydre. On chauffe au reflux, en agitant, pendant 24 heures. Après refroidissement on ajoute lentement, pendant 3 heures environ, 78^g de chlorure de phénylacétyle. On chauffe ensuite au reflux pendant 8 heures de plus. Après refroidissement on ajoute de la glace, on lave à l'eau et au bicarbonate de sodium, on sèche et l'on chasse sous pression réduite la plus grande partie du benzène. Le résidu est secoué pendant 6 heures avec une solution de 60^g d'acétate de cuivre dans 750^{cm^3} d'eau et l'on essore le complexe de cuivre formé. On obtient ainsi 95^g du *sel de cuivre* qui fond, après recristallisation dans le benzène, à 188°.

Le sel de cuivre est ensuite agité avec 500^{cm^3} de SO_4H_2 à 20 % en présence de 100^{cm^3} de benzène. Quand le liquide devient clair, on décante la couche benzénique, on lave à l'eau et l'on sèche. On distille dans le vide et l'on recueille la fraction qui passe à 153-157°/5^{mm}. Rendement : 45 %.

Préparation du γ-phénylacétylacétate d'éthyle (I). — On prépare le méthylate de sodium en dissolvant $4^g,7$ de sodium dans 130^{cm^3} de CH_3OH rigoureusement absolu.

Dans la solution dont la température est revenue à 20-25°, on verse 50^g d'α-acétyl-γ-phénylacétylacétate d'éthyle (II). On laisse au repos pendant 12 à 15 heures et l'on verse lentement dans 460^{cm^3} d'eau constamment maintenue au pH 3,5-4 par des additions successives de ClH dilué. On extrait à l'éther, on lave à l'eau, puis avec une solution de bicarbonate de Na à 3 % et pour finir encore avec de l'eau. On sèche et l'on distille dans un bon vide. Après avoir chassé une première fraction plus volatile, on recueille le produit passant à 126-128°/4^{mm}. Rendement : 50 %.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Caractères radiocristallographiques de quelques dérivés du triphénylméthane*. Note de Mlle **Cécile Stora** et de M. **Gérard van Eller**, présentée par M. Paul Pascal.

La détermination de l'aspect spatial des grosses molécules organiques se trouve très limitée par certaines conditions qu'imposent la cristallisation, l'encombrement moléculaire, le pouvoir diffractant des atomes pour le rayonnement X employé, etc. Il est, en effet, préférable de n'opérer que sur des substances renfermant un ou plusieurs atomes assez lourds (pour attribuer leur phase aux autres réflexions) et donnant lieu à des cristaux de dimensions abordables, ne possédant qu'un petit nombre de molécules par maille élémentaire. Par suite un problème comme celui de la relation entre la structure et la couleur des colorants dérivés du triphénylméthane, doit débuter par la recherche des substances remplissant au mieux les conditions précédentes. Nous avons donc entrepris aux rayons X (rayonnement Kα du cuivre, méthodes du cristal tournant, de Weissenberg, du tambour tournant) un certain nombre de dérivés du triphénylméthane dont la matière première très pure et souvent bien cristallisée fut aimablement mise à notre disposition par Mme P. Ramart-Lucas.

Le 3.5-*dibromo-4-hydroxy-triphénylméthane-carbinol* [3-5-Br_2-4-H.T.M.C., $(C_6H_5)_2{=}\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}{-}C_6H_3Br_2OH$] cristallise en larges feuillets oranges, losangiques

développés suivant {001} et s'éteignant le long de *b*, c'est-à-dire parallèlement aux stries de la face {001}. La petite arête *a* est oblique sur *b* d'un angle de $69° \pm 2°$ (mesure de la densité dans un mélange bromoforme-benzène à 21°,6).

Les cristaux *du 2-6-dibromofuschone* $(C_6H_5)^2{=}C{=}(C_6H_2Br_2O)$ se présentent en feuillets oranges rectangulaires et développés suivant {100}. Les stries de la face {100} sont parallèles à *c* et à la direction de l'extinction (densité mesurée dans un mélange bromoforme-cyclohexane à 20°).

La *pararosaniline* $[(NH_2C_6H_4)^3{\equiv}C{-}OH]$ cristallise en aiguilles à six pans s'éteignant le long de *c*. Leur densité fut mesurée dans un mélange de tétrachlorure de carbone et de cyclohexane à 19°,7.

Le violet hexaméthylé $[(NCH_3)^2(C_6H_4)^3{\equiv}C].Cl$, pousse dans le chloroforme ou dans l'acétone en aiguilles vertes, d'aspect hexagonal et à extinction droite le long de *c*, mais les cristaux chloroformiques se décomposent à l'air au bout de trois jours, tandis que les seconds sont encore stables après huit mois (même mélange pour la mesure de la densité que pour la pararosaniline).

La fuschine carbinol $(NH_2C_6H_4)^2{=}C{-}(CH_3NH_2C_6H_3)$ donne des cristaux



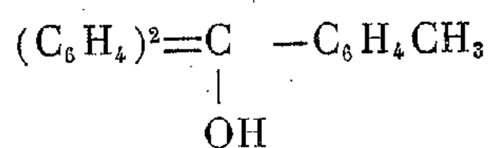
OH

légèrement rosés, assez gros, en forme de fer de lance, dont la nervure médiane est dirigée suivant l'extinction. Les tout petits cristaux cependant sont parallélipipédiques, à extinction droite et développés suivant {001} (mesure de la densité dans un mélange de chloroforme et de benzène à 20°,05).

L'aurine $[(OHC_6H_4)^2{=}C{=}C_6H_4O].Cl$, s'obtient en plaquettes rouges rectangulaires (parfois agglomérées en gros cristaux) à extinction droite le long de *b* et développés suivant {010}. Densité mesurée dans le mélange précédent à 21°.

Le 4-4'-4'' trinitro-triphénylméthane carbinol $(NO_2C_6H_5)^3{=}C{-}OH$. Ce sont des plaquettes à six pans s'éteignant le long de *c* et dont la section symétrique présente deux facettes latérales faisant entre elles un angle de 134° et toutes deux inclinées de 46° sur le plan de la face [100]. Mesure de la densité dans un mélange de nitrobenzène et de bromoforme à 19°,3.

Le paramétoxy-triphénylméthane carbinol



$$(C_6H_4)^2{=}\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}{-}C_6H_4CH_3$$

s'obtient en prismes courts, à quatre pans inclinés, terminés par quatre facettes deux à deux symétriques. L'extinction est oblique le long de la direction de l'allongement (*b*) mais presque droite suivant *c*, (densité mesurée dans un mélange de chloroforme et de benzène à 20°).

Aux rayons X ces cristaux fournissent les résultats suivants :

Composé.	Système.	Groupe spatial.	a.	b.	c.		(°C.)		d_c.	d_m.	n.
3.5-Br_2-4 OH. T. M. C.	M	C2/c	22,2	8,6	17,9	−	109		1,684	1,694	8
2-6 dibromofuschone..	M	$P2_1/c$	13,9	6,8	17,5	−	97		1,683	1,68	4
Pararosaniline.......	R	R3?	9,2		10,9	−	−		1,268	1,327	3
Violet hexaméthylé...	R	H3c?	15,94		6,85				1,024 et solvant 1,170	1,171	3
Fuschine carbinol....	O	Pbca	10,1	12,0	27,5				1,271	1,271	8
Aurine..............	O	Pcmb	9,6	18,8	16,9				1,274	1,283	8
44′4″ trinitro T. M. C.	M	C2/c	24,7	10,4	14,8		94		1,391	1,399	8
p-métoxy. T. M. C....	T	P1	10,1	11,9	14,3	102	89	102	1,18	1,20	4

M = Monoclinique; O = Orthorhombique; R = Rhomboédrique; T = Triclinique.

Après analyse de ce tableau, on serait tenté de conclure que l'introduction dans la molécule de triphénylméthane carbinol (cristaux rhomboédriques d'après la littérature, ainsi que ceux du triphénylméthane bromé), de groupes NH_2, CH_3, OH, etc. sur un ou deux seulement des trois groupes phényles, détruisant sa symétrie ternaire, abolit aussi celle du cristal. Donc, réciproquement, la pararosaniline et le violet héxaméthylé gardant cette symétrie ternaire, on pourrait penser que l'halogène de ce dernier (véritable colorant) serait situé, non pas sur un groupe phényle privilégié mais sur l'axe ternaire de la molécule, favorisant ainsi une théorie de la coloration du genre de celle de l'ion carbonium aux dépens de la vieille théorie quinonique. Mais la présence du 4.4′.4″-trinitro triphénylméthane carbinol substitué sur les trois phényles et monoclinique oblige à une certaine prudence et à attendre qu'une analyse de Patterson-Fournier fournsise peut-être des renseignements plus précis.

GÉOLOGIE. — *Un synclinal de Trias au sommet du Pelvoux* (*Hautes-Alpes*). Note de MM. **Paul Gidon** et **Jean Vernet**, transmise par M. Léon Moret.

Au cours d'une ascension au Grand Pic Sans Nom, des fragments de calcaire avaient été observés par L. Neltner, H. Salin et J. Vernet, à la surface du glacier de Sialouze, au bas du Couloir Coolidge qui descend du Pelvoux. Quelques jours auparavant, l'un de nous (Paul Gidon) avait constaté, entre le refuge Lemercier et le glacier de Sialouze, l'existence de calcaires très cristallins, bariolés de rouge, de vert et de blanc. L'un de ces affleurements comportait en outre des schistes violacés.

Ces observations nous conduisirent un peu plus tard à explorer les *Rochers rouges* qui forment, entre la profonde entaille du glacier de l'Homme à l'Est, et le couloir Coolidge à l'Ouest, le versant Sud du Pelvoux. Les rochers sont absolument lardés de minces bancs de calcaires bariolés, qu'avec

Pierre Termier nous désignerons par l'appellation imagée de *filons*. Les bandes colorées de ces filons sont souvent parallèles à leur surface de contact avec le gneiss dans lequel ils sont pincés, et évoquent une stratification. Très souvent aussi la calcite y constitue la pâte d'une brèche tectonique à éléments anguleux de gneiss. Ces filons, en général Nord-Sud, ont une puissance variable, allant du centimètre à 1 et même 2^m. Leur longueur, de quelques dizaines de mètres, en fait des lentilles très plates. Certains cependant ont une extension beaucoup plus considérable, et l'un d'eux semble même traverser toute l'étendue des Rochers rouges.

L'arête ouest des Rochers rouges, au-dessus du couloir Coolidge, est bordée de calcaires gris clair, très cristallins, en bancs à peu près verticaux, fortement laminés et se délitant en larges et minces plaques. Nous avons pu en suivre l'affleurement depuis la cote 3500 environ jusqu'au sommet des rochers, à 3837^m. Dans sa partie supérieure l'affleurement a une puissance de l'ordre de 10^m, et les calcaires sont pilés par les pas des nombreux alpinistes qui ont passé là. Néanmoins, personne ne l'a signalé. Au delà, l'affleurement de direction Nord 20° Est, disparaît sous le glacier des Violettes qui couvre le plateau supérieur du Pelvoux. Au contact de ces calcaires, vers l'Ouest, apparaissent des roches violacées, d'aspect identique à celui des calcaires bariolés vus de loin.

Les calcaires bariolés répondent à la description donnée par P. Bellair ([1]) des Cipolins qu'il a vu près de la langue du glacier des Violettes.

Cette constatation pétrographique ne prouve pas toujours un âge anté-houiller. L'un de nous (Paul Gidon) a en effet rencontré des roches analogues à ces cipolins associées aux quartzites et aux calcaires du Trias du *synclinal d'Ailefroide*, observation qui implique un âge triasique. Des échantillons montrés à M. Gignoux lui ont paru identiques aux blocs de brèches triasiques de l'Alpe du Villar d'Arène.

L'association, dans les filons, de *cipolins* à bandes rouges dues à des oxydes de fer, et de schistes violacés, reproduit celle qu'a étudiée P. Bellair au Rif du Sap ([2]). Les schistes de ce gisement sont, dit cet auteur, *des spilites écrasés*, argument qui lui paraît, à juste titre, suffisant pour confirmer l'âge triasique du *Filon du Rif du Sap*. Il n'y a aucune raison pour que ces mêmes formations soient d'âge différent en Pelvoux.

Les calcaires schisteux de l'arête ouest des Rochers rouges ressemblent, en plus laminé, aux calcaires triasiques très cristallins du *synclinal d'Ailefroide*. Avec l'épaisse couche de *cipolin* qui les sépare du Cristallin à l'Ouest, ils nous apparaissent comme un synclinal de Trias, très pincé, dont le prolongement pourrait être cherché sous la Pointe Durand, au voisinage de l'Arête de la

---

([1]) Pétrographie et tectonique des Massifs centraux dauphinois. I, le Haut Massif. *Mémoire Service Carte Géologique*, 1948, p. 89.

Momie. Les filons de *cipolin* et de brèches pourraient être dus à une multitude de failles hachant les gneiss. L'un des *filons* se raccorde au synclinal de calcaires gris, qu'il prolonge vers le Sud. Ces caractères peuvent évoquer une série de synclinaux pincés, occupant une petite zone radicale.

Quoi qu'il en soit, la surface des gneiss du Pelvoux est couverte d'affleurements de Trias, se présentant dans des conditions tectoniques singulières, et dont il faudra tenir compte à l'avenir dans l'interprétation structurale du massif.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la température en altitude des régions équatoriales.* Note de M. **Jean Emon**, présentée par M. Charles Maurain.

L'étude des données d'observations en altitude fournies par les sondages de température et d'humidité, exécutés par l'aviation britannique de 1943 à 1945 dans l'Océan Indien Sud-Ouest (Diégo-Suarez, Plaisance-Maurice et Tuléar), permet de mettre en évidence à Diégo-Suarez (latitude : 12°17′S) l'existence à partir de 4000^m d'un renversement dans la variation saisonnière de la température, renversement valable jusqu'à 7000^m au moins, altitude limite supérieure des mesures.

Cette anomalie de variation, qui se traduit par une température moyenne supérieure en saison fraîche (de mai à octobre), n'a pas son équivalent à moins faible latitude : Plaisance-Maurice (20°26′S) et Tuléar (23°21′S). Son influence se retrouve dans le comportement de l'altitude de l'isotherme 0°C, sous la double forme suivante :

a. altitude plus basse en saison chaude (569 à 573^{mb}) qu'en saison fraîche (565^{mb}) à Diégo-Suarez;

b. en saison chaude, altitude plus basse à Diégo-Suarez (569 à 573^{mb}) qu'à Plaisance-Maurice (565^{mb}) et, de très peu, Tuléar (570^{mb}).

Cette double anomalie a amené à étendre le champ des recherches à des stations typiquement équatoriales, telles que notamment Nairobi (01°17′S) et Mogadishu (02°02′N) dans l'Est Africain Britannique et en Somalie Italienne. Si la variation saisonnière de l'altitude de l'isotherme 0°C. n'y présente rien de remarquable, par contre l'examen des moyennes proprement dites de cette altitude est riche d'enseignement. En effet, il apparaît immédiatement qu'*en moyenne l'isotherme* 0° C *est plus basse à Nairobi et Mogadishu* (stations équatoriales) *qu'à Diégo-Suarez et Plaisance-Maurice* (stations tropicales). C'est ainsi que, par rapport à Diégo-Suarez, l'écart en moyenne annuelle atteint 8 à 9^{mb} pour Nairobi (année 1944-1945) et 8^{mb} pour Mogadishu (année 1944); il est plus fort, respectivement 16-17 et 16^{mb}, si la comparaison est faite avec la moyenne annuelle 1943-1944 de Diégo-Suarez. Remarques du même ordre en

---

(2) *Loc. cit.*, p. 291.

ce qui concerne Plaisance-Maurice, dont la moyenne annuelle 1944-1945 est pratiquement équivalente à celle de Diégo-Suarez. Les moyennes saisonnières permettent de se rendre compte que l'avantage de Plaisance-Maurice est dû à la saison chaude, car sa moyenne de saison fraîche est équivalente aux moyennes annuelles de Nairobi et Mogadishu. Mais, autre surprise, *en saison chaude l'isotherme* 0° C *est plus élevée à Tuléar* (station subtropicale) *qu'à Nairobi et Mogadishu* (stations équatoriales), la moyenne de Tuléar relative à cette saison étant équivalente à celle de l'année 1944-1945 à Diégo-Suarez.

La comparaison des moyennes mensuelles de Diégo-Suarez à celles de Nairobi et Mogadishu, lorsqu'elle est possible (juillet 1944 à août 1945 dans le premier cas et janvier 1944 à août 1945 dans le second), permet de réaliser que la supériorité de Diégo-Suarez ne peut être mise en doute que durant 2 ou 3 mois de l'année, soit de décembre à février par rapport à Nairobi et de janvier à mars par rapport à Mogadishu, époque de l'année où le front intertropical (équateur thermique) est en moyenne plus proche de Diégo-Suarez que de l'équateur géographique. Ce qui revient à dire que *la zone du front intertropical a un caractère de masse relativement froide* à des altitudes de l'ordre de 4000 à 5000^{m}. Ceci explique pourquoi :

a. L'isotherme 0°C est plus basse à Nairobi et Mogadishu qu'à Diégo-Suarez, sauf en pleine saison chaude; en effet, en dehors de cette période, le front intertropical est toujours plus proche de ces deux stations que de Diégo-Suarez.

b. En saison chaude, l'isotherme 0°C est plus basse à Nairobi et Mogadishu qu'à Tuléar; en effet, grâce à une déformation fréquente du front intertropical, dont la position est plus méridionale sur le Canal de Mozambique en cette saison, l'équateur thermique doit être en gros à égale distance de Tuléar et de ces deux stations; Tuléar qui se trouve alors dans l'hémisphère d'été est favorisé par rapport aux deux stations équatoriales (hiver pour l'hémisphère Nord).

D'après le renversement de la variation saisonnière de température en altitude, ce caractère du front intertropical (température en altitude plus froide par rapport à l'atmosphère environnante) persiste à Diégo-Suarez encore à 7000^{m}. Valable sur une grande épaisseur, soit 3000^{m} au moins, il est en parfait accord avec les vues récentes des météorologistes américains, notamment celles de R. H. Simpson dans *Synoptic aspects of the intertropical convergence near Central and South America*.

Ce dernier signale en effet qu'un refroidissement marqué accompagne l'approche de Panama d'une zone de convergence intertropicale bien développée. Si dans l'Océan Indien Sud-Ouest de telles manifestations ne paraissent pas clairement à Diégo-Suarez lors des passages du front intertropical, il n'empêche que le phénomène joue sans conteste suffisamment au point de vue statistique pour influencer sur une vaste étendue le régime des températures en altitude des régions équatoriales.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Fragmentation chromosomique sous l'influence du bornéol.* Note de MM. **Guy Deysson** et **Pierre Édouard**, présentée par M. René Souèges.

Nous avons étudié l'action exercée par le bornéol sur les cellules méristématiques d'*Allium Cepa* L., suivant la méthode habituelle à l'un de nous ([1]). Ce corps présente une toxicité élevée et la concentration de 0,045 % tue les racines en quelques heures. Il est fortement mito-dépresseur : c'est ainsi, par exemple, qu'à la concentration de 0,005 % l'index mitotique est abaissé de 40 à 45 % par un traitement de 12 heures, et que les cinèses ont pratiquement disparu après 24 heures. Son action mitoclasique est faible et consiste essentiellement en une inhibition du phragmoplaste, surtout fréquente au-dessus de 0,020 % ; elle se manifeste également par l'apparition de stathmocinèses, jamais très nombreuses, mais encore décelables à 0,005 %. D'autre part, nous avons fréquemment observé, sous l'action du bornéol, des fragmentations de chromosomes.

C'est surtout pour des traitements de courte durée par la concentration de 0,045 % que ces fragmentations sont fréquentes et, après une heure de traitement, nous avons observé, par méristème, jusqu'à 28 images cinétiques présentant cette anomalie; à ce moment, 15 % des cinèses sont des stathmocinèses et, parmi les télophases, 30 % environ ne comportent pas de phragmoplaste. Quand la durée du traitement augmente, l'apparition de nouvelles fragmentations devient moins fréquente. A 0,030, 0,020 et 0,015 %, on en rencontre dans presque tous les méristèmes traités, mais en petit nombre, généralement deux ou trois; leur présence n'est cependant pas fortuite, car nous n'en avons jamais observé dans les témoins correspondants. Enfin, pour les concentrations de 0,005 et 0,001 %, les fragmentations chromosomiques sont très rares.

Parmi les cas de fragmentation observés, 17 % concernent des métaphases, 75 % des anaphases, 8 % des télophases. Le faible pourcentage des fragmentations télophasiques est certainement inexact : il est dû au fait qu'un tel trouble ne peut être décelé à ce stade que s'il existe des fragments en dehors de la masse des chromosomes en voie de catachromasie. Au contraire, la fréquence plus grande chez les anaphases que chez les métaphases nous paraît traduire la réalité, bien que de simples fissurations transversales à la métaphase puissent peut-être parfois passer inaperçues.

De tels phénomènes de fragmentation chromosomique sous l'influence d'agents chimiques ont été récemment observés chez les animaux ([2]) et chez les végétaux ([3]). Un certain nombre de phénols et d'amines aromatiques ainsi que

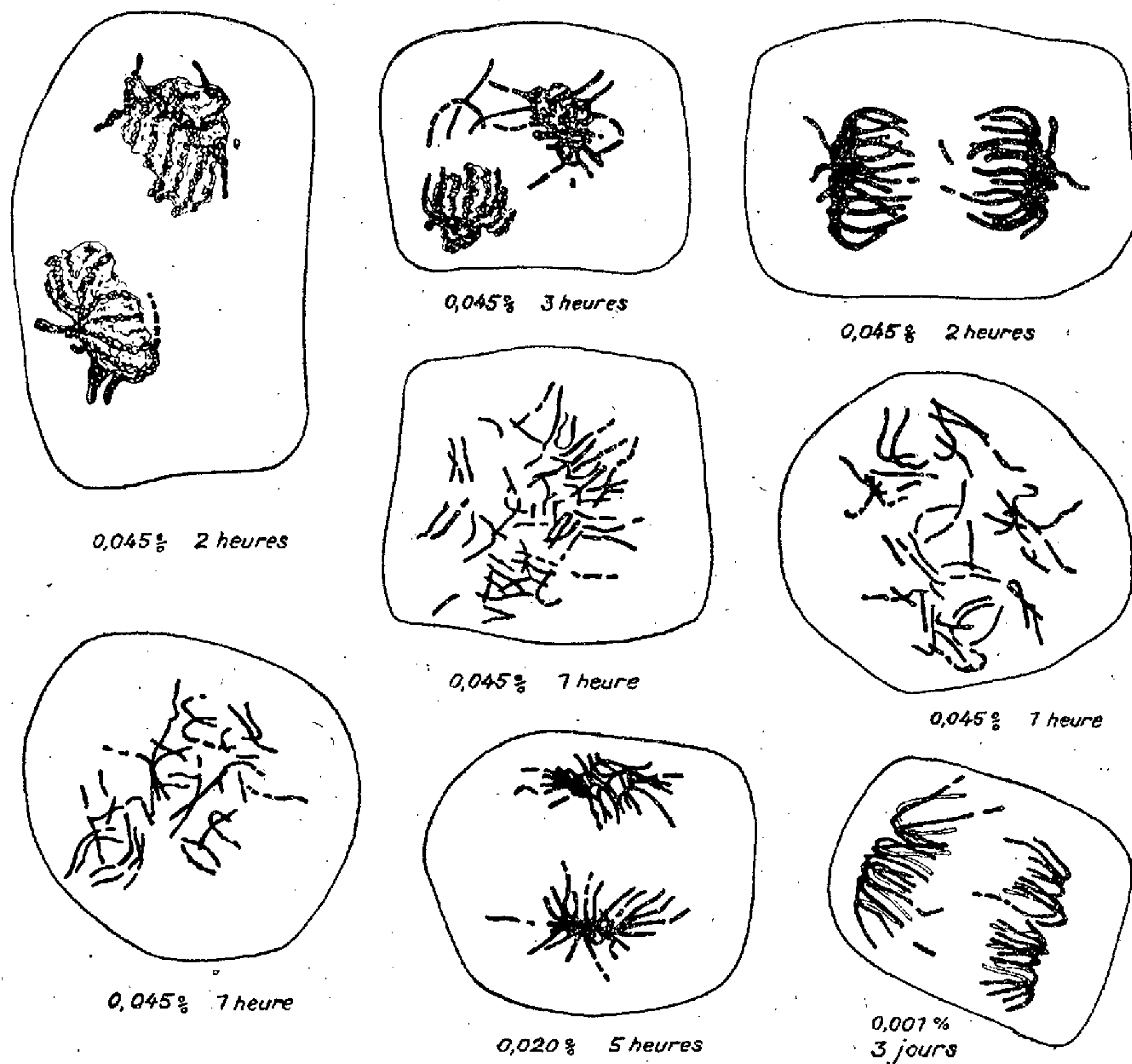
---

([1]) G. Deysson, *Thèse Doct. Pharm.*, Paris, 1948.

([2]) R. Parmentier et P. Dustin, *Nature*, 161, 1948, p. 527; P. Dustin, *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 1433.

([3]) A. Levan et J. H. Tjio, *Hereditas*, 34, 1948, p. 250 et 453; G. Ostergren, *Bot. Not.*, 4, 1948, p. 376; R. Bauch, *Planta*, 35, 1948, p. 536; J. Chury et V. Slouka, *Nature*, 163, 1949, p. 27; A. Levan, *Proc. 8 th., int. Congr. Genetics. Hereditas, suppl.*, 35, 1949, p. 325.

quelques corps très divers (brome, trypaflavine, coumarine) ont été reconnus capables de provoquer des fragmentations. A notre connaissance, un seul alcool (cyclohexanol) a été étudié à ce point de vue et s'est révélé pratiquement inactif. Les recherches les plus détaillées sur ce sujet sont dues à Levan et



Tjio. Les corps trouvés actifs par ces auteurs se sont montrés par ailleurs mitoclasiques, mais c'est toujours pour des concentrations faiblement ou non mitoclasiques que des fragmentations ont été observées; celles-ci, constantes pour certaines concentrations, ne sont cependant jamais très fréquentes. Enfin, d'après ces auteurs, de tels troubles sembleraient incompatibles avec une inhibition fusoriale. Les résultats que nous avons obtenus avec le bornéol montrent que ce corps agit exactement à la manière de ceux qu'ont étudiés Levan et Tjio; cependant, il nous est arrivé d'observer des cas très nets de fragmentation dans des cellules dont le fonctionnement fusorial était inhibé, tels que les stathmo-anaphases de la figure (0,045 %, 1 heure).

PHYSIOLOGIE CELLULLAIRE. — *La cryoscopie pratiquée sur le milieu de suspension de la levure et ses applications.* Note de M. A. **Bernard Lindenberg**, Mlle **Monique Astoin** et M. **Raymond Guillemet**, transmise par M. Jacques Duclaux.

La connaissance de la *concentration moléculaire* du milieu de suspension d'une levure peut être acquise, en présence même des cellules, par la détermination du point de congélation (Δ) de la suspension. En effet, les mesures de Δ effectuées sur la suspension de levure, sur le liquide surnageant ou sur le culot de centrifugation conduisent au même résultat.

Nous avons eu alors l'idée d'utiliser la cryoscopie directe du milieu de suspension de la levure pour déterminer la teneur en eau des cellules, et aussi pour étudier la perméabilité de la cellule de levure aux différentes substances ajoutées à la suspension et leur répartition finale entre les cellules et le milieu extérieur.

L'évaluation de la teneur en eau des cellules de levure se fait simplement à l'aide de deux mesures du point de congélation, effectuées successivement sur la même suspension, l'une (Δ_1) avant, l'autre (Δ_2) après l'addition d'une quantité déterminée d'une solution aqueuse, de Δ_s connu, d'un cristalloïde incapable de pénétrer à l'intérieur des cellules. Dans ces conditions, la dilution de la solution saline ajoutée se fait grâce à la seule eau extracellulaire (e_x) de la suspension, que l'on évalue en appliquant la règle de mélange : $e_x = e_s(\Delta_s - \Delta_2)/(\Delta_2 - \Delta_1)$, e_s étant la quantité d'eau ajoutée avec la solution saline. Connaissant le poids p de la suspension mise en œuvre pour la cryoscopie et le poids E d'*eau totale* de cette suspension (que l'on détermine par dessiccation à 108° pendant 24 heures), on peut calculer la teneur en eau des cellules par le quotient : $(E - e_x)/(p - e_x)$.

Le tableau ci-dessous indique les résultats moyens de nos expériences effectuées en ajoutant à la suspension (lavée à l'eau distillée) une solution de ClNa de concentration variable.

	0°,0	−0°,12	−0°,22	−0°,35	−0°,70	−0°,85	−1°,29	−1°,40
Eau cellulaire % ...	66,0	65,15	64,0	63,5	61,7	61,15	58,4	56,8

Ces moyennes permettent de se rendre compte que la teneur en eau des cellules de levure diminue *linéairement* en fonction de la concentration moléculaire du milieu extracellulaire, d'après l'expression : $66{,}0 - \Delta_2 . 6{,}5$. Cette formule indique une diminution de 2,5 % de la teneur en eau des cellules pour une augmentation de salinité extérieure de $0^{\text{mol}},1$ de ClNa ($\Delta = -0°{,}35$), correspondant à la concentration isotonique généralement admise pour la cellule de levure. Cependant, le fait que l'état d'hydratation de la cellule de levure et, par suite, sa concentration moléculaire interne varient graduellement avec la salinité extérieure, aussi bien en deçà qu'au delà de cette

concentration isotonique, restreint la signification que l'on attache à la notion d'isotonie dans le cas de la levure. Celle-ci se comporte en effet comme un être imparfaitement *euryhalin*, supportant des changements importants de salinité extérieure au prix d'une modification relativement faible de sa concentration moléculaire interne. D'autre part, la levure pressée de boulangerie montre déjà au lendemain de sa fabrication un Δ *intercellulaire* de — 0°,20 environ, le point de congélation baissant avec la durée de conservation de la levure, beaucoup plus rapidement à la température du laboratoire qu'à 0°. De toute évidence, la concentration moléculaire que nous suivons sur le milieu intercellulaire de la levure est le résultat du catabolisme, de l'activité d'échange en général, des cellules avec leur milieu ambiant, sans que cela oblige à admettre une tendance particulière des cellules à se créer une concentration externe plus *physiologique*.

Les expériences effectuées en ajoutant à la suspension de levure une solution d'un non-électrolyte (galactose) fournissent, à Δ_2 égal, des résultats comparables à ceux qu'on a obtenus avec Cl Na. Mais les résultats sont différents lorsqu'on utilise des solutions de glycérol ou d'urée, corps ayant la faculté de se diffuser dans les cellules. Dans ce cas, la différence entre la teneur en eau déterminée avec les corps non diffusibles et celle que l'on obtient avec les substances diffusibles fournit des indications sur le degré de diffusibilité de ces dernières substances.

Avec l'éthanol très diffusible, nous avons obtenu des résultats montrant qu'au bout d'une heure de contact avec un milieu alcoolisé, les cellules se chargent d'alcool à la concentration de 0,7 en moyenne relativement à celle du milieu extérieur. Nos recherches continuent.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de la structure du composé phénolique contenu dans* Polysiphonia fastigiata. Note de MM. **Pierre Mastagli** et **Jean Augier**, présentée par M. Delépine.

Les extraits alcooliques de cette algue rouge, après concentration, laissent déposer en masse, sous forme de fines aiguilles, une substance, signalée de longue date par H. Colin, et l'un de nous ([1]), et dont l'étude fut ébauchée par A. Leman ([2]). Débarrassé des pigments, du sucre et des sels, le produit est incolore, de saveur astringente; il se dissout difficilement dans l'alcool concentré à froid, plus facilement dans l'eau où il est très soluble à l'ébullition. La solution aqueuse, faiblement acide, est sans action sur la lumière polarisée; elle rougit assez facilement à l'air et à la lumière; elle se colore en violet intense par addition de chlorure ferrique. Chauffé, le corps charbonne sans fondre, déga-

([1]) H. Colin et J. Augier, *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 1450.
([2]) *Bull. Soc. Chm.*, **11**, 1944, p. 564.

geant des vapeurs acides et laissant environ 35 % de cendres à peu près neutres. Une proportion si élevée de matière incombustible rend l'analyse élémentaire aléatoire; mais l'analyse partielle, menée d'après les méthodes classiques, révèle facilement une *teneur élevée en brome* (30 %) à côté de soufre (12 %) et de potassium (14,4 %).

On reconnaît facilement à la substance le caractère d'un *dérivé sulfoné*, car l'hydrolyse chlorhydrique, d'une part, libère un sulfate, et la fusion alcaline, d'autre part, donne naissance à un sulfite réduisant le permanganate de potassium.

Après quelques instants d'hydrolyse par HCl à 5 % au bain-marie bouillant, survient un trouble qui augmente par refroidissement. Les parois se couvrent de cristaux un peu jaunes, groupés en oursins, d'abord souillés d'un produit probablement de dégradation plus avancée qui, lui, est amorphe et brun. On reprend les cristaux par l'éther ordinaire ou l'acétate d'éthyle; l'addition d'éther de pétrole provoque à nouveau l'insolubilisation de la substance. Bien purifiée, elle fond sur le bloc vers 175°, se dissout bien dans l'eau chaude, très peu à froid. La solution abandonnée à l'air prend en quelques jours une teinte foncée et laisse déposer un précipité pulvérulent brun; elle se colore fortement en vert par le $FeCl_3$; elle présente une acidité faible, dosable en présence de rouge neutre ou, difficilement à cause du virage incertain, de phtaléine; cela permet d'assigner à cette substance, supposée monoacide, un poids moléculaire voisin de 290. L'analyse élémentaire fournit les résultats suivants : C 28,41 % ; H 2,41 % ; O 16,51 % ; Br 52,83 %, qui correspondent à un dérivé dibromé d'un *acide hydroxybenzoïque* $C_6H_2Br_2CH.COOH$, pour lequel la théorie donne C 28,37 % ; H 1,35 % ; O 16,21 % ; Br 54,05 %. La proportion d'hydrogène trouvée est notablement trop forte; mais des dosages effectués sur des corps semblables par Cahours [3] ont montré qu'une telle erreur peut se présenter dans l'estimation de faibles quantités de cet élément, erreur encore accentuée du fait qu'un peu de brome est libéré au cours de la préparation et est remplacé par un radical phénolique.

Le corps naturel est le dérivé disulfoné, salifié par le potassium, et de formule $C_6(SO_3K)_2Br_2OH.COOH$. (P.M. 532). Un travail complémentaire fera connaître la position des divers restes sur le noyau benzénique.

Le chimisme original des Rhodomélacées s'augmente donc pour nous d'un produit nouveau, dont l'intérêt paraît important pour étudier le métabolisme du brome, et peut-être la systématique de ce groupe d'algues.

Des essais antibiotiques en cours seront publiés ultérieurement.

---

(3) *Ann. Chim.*, série 3, 13, 1845, p. 102.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la quantité d'eau fixée par les produits de la fermentation alcoolique et sur une relation empirique entre la quantité d'acides et de glycérol formés.* Note (*) de MM. **Louis Genevois**, **Émile Peynaud** et **Jean Ribereau-Gayon**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Pasteur a découvert en 1860 ([1]), qu'il se fixe une petite quantité d'eau sur les produits secondaires de la fermentation alcoolique, quantité qu'il a estimée à 2 mg/g de sucre réducteur fermenté. Nos connaissances actuelles sur la fermentation permettent de penser que cette eau se fixe sur l'éthanal qui subit une réaction de Cannizzaro pour engendrer de l'acide acétique (a) ou de l'acide succinique (s); il est facile de chiffrer le nombre de molécules d'eau (e) fixées par les produits de fermentation

$$e = a + 2s. \tag{1}$$

Les données quantitatives publiées par nous sur les fermentations ([2]) permettent de calculer e; dans les fermentations sur jus de raisin stérile (pH 3,17) (29 levures différentes) e varie de 15 à 26 millimolécules par litre, avec la valeur la plus fréquente 20, et cela pour la fermentation de 180^g de sucre de raisin; nous retrouvons le chiffre de 2 °/₀₀ donné par Pasteur en 1860. Les fermentations de solutions de saccharose à l'eau de levure, donnent pour e, de 21 à 35 millimolécules par litre, avec, pour moyenne, 30 ([3]).

Le rapport e/g, g étant le glycérol formé, apparaît comme une constante empirique, indépendante de la race de levure, et ne dépendant que faiblement du milieu : il est égal à 1/3 sur jus de raisin stérile à pH 3,17, à 0,36 sur solution de saccharose à l'eau de levure; cela signifie que, sur jus de raisin acide a pH 3,1, 33 % des molécules d'éthanal de la fermentation glycéro-pyruvique, deviennent des fonctions acides; à pH 5, sur saccharose, 36 % des molécules d'éthanal deviennent des acides.

Cette constance remarquable permet de penser que l'acide succinique de la fermentation est le résultat de la condensation de deux molécules d'acide acétique; la disparition de l'acide acétique au cours de la fermentation, étudiée par l'un de nous ([4]) est en effet toujours corrélative de l'apparition d'une quantité au moins égale d'acide succinique.

Si nous calculons ce rapport e/g, pour des fermentations très pures, telles que sont les fermentations dans les vins de l'Aude, étudiées par nous en

(*) Séance du 12 septembre 1949.

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, 58, 1860, p. 323-426.

([2]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 693; 224, 1947, p. 1388.

([3]) *Ibid.*, 226, 1948, p. 126.

([4]) E. Peynaud, *Annales des fermentations*, 5, 1939, p. 321; *Rev. des Industries agricoles et alimentaires*, 64, 1947, p. 301.

1948 ([5]), nous le trouvons exactement à 1/3; pour les vins blancs sulfités de la Gironde, décrits par nous en 1949 ([6]), ce rapport est encore égal à 1/3 ou très voisin. Dans les vins rouges de la Gironde, qui ont subi, non seulement la fermentation alcoolique, mais encore une fermentation malolactique génératrice d'un peu d'acide acétique, nous trouvons ce rapport parfois égal à 1/3, mais souvent supérieur; il est alors intéressant de calculer la grandeur

$$a + 2s - \frac{g}{3} = \Delta a. \tag{2}$$

qui donne une limite supérieure de la quantité d'acide volatil engendrée dans une fermentation non alcoolique accompagnant la fermentation due aux levures. Cette quantité varie de 0 à 10 millimolécules, pour les vins étudiés en 1948 ([7]), sauf pour le dernier échantillon très altéré. Si l'on met à part les vins pour lesquels Σ/g prend une valeur supérieure à 1, on trouve pour Δa deux fois des valeurs égales à 5, et deux fois des valeurs égales 4; dans 21 cas sur 25, Δa a des valeurs comprises entre 0 et 3. L'équation (2) permet donc, d'une manière simple, de déceler l'acidité volatile étrangère à la fermentation alcoolique des vins; si Δa est compris entre 3 et 10, il y a présomption d'acidité due à des bactéries anaérobies. Cette équation (2) est plus simple et plus *sensible* que l'équation théorique établie en 1946, ([2]) et appliquée aux vins en 1948, ([5]), ([7]).

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le mode d'action de certains systèmes enzymatiques utilisés pour l'extraction du virus de la Mosaïque du Tabac* [Marmor Tabaci (*Orton*) *Holmes*] *à partir des tissus infectés*. Note de MM. **Pierre Limasset, Pierre Cornuet** et **Yves Gendron**, présentée par M. Joseph Magrou.

Dans une Note antérieure ([1]) nous avions indiqué incidemment que les enzymes du tube digestif de l'Escargot, utilisées par Bawden et Pirie pour augmenter la quantité de virus susceptible d'être extraite des feuilles broyées de Tabac, agissaient essentiellement en complétant la dislocation des tissus. Cette étude méritait d'être approfondie. De plus l'action de la trypsine, envisagée également par Bawden et Pirie, devait être comparée à celles des enzymes de l'Escargot.

Action des enzymes de l'Escargot. — Des feuilles prélevées sur un Tabac infecté étaient divisées en deux longitudinalement, les parties droite et gauche étant réparties en deux lots distincts de même poids et physiologiquement

---

([5]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 227.
([6]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 479.
([7]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 439.

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1888.

comparables dont l'un était broyé avec l'appareil à hélice et l'autre au mortier. Le premier lot subissait cinq broyages successifs au broyeur à hélice à 12 000 tours pendant 1 minute et demie, les fibres et culots de centrifugation étant lavés à l'eau. On faisait agir ensuite sur ces derniers, après épuisement, les enzymes de l'Escargot (20 heures au pH 7,3). Le premier jus et les eaux de lavage contenaient plus de 98 % du virus total extrait ([2]), les enzymes ne libérant pas 2 %. Le lot broyé au mortier avait dû subir sept broyages suivis de lavages de la fibre et des culots pour obtenir l'épuisement. La quantité ainsi extraite mécaniquement correspondait seulement à 33 % du virus total, les enzymes fournissant le reste. La quantité totale du virus extrait était en valeur absolue la même que celle de l'autre lot. Un deuxième essai fut réalisé suivant la même technique en soumettant un lot de demi-feuilles à un broyage à 8 000 tours seulement, le lot témoin étant broyé au mortier comme dans l'expérience précédente. La quantité de virus extraite mécaniquement du lot broyé à 8 000 tours atteignait 64 % du total contre 41 % pour le témoin, le reste étant libéré par les enzymes. On voit donc que le broyage à 8 000 tours, beaucoup plus grossier que le broyage à 12 000 tours, permet une extraction mécanique plus faible, l'action des enzymes cessant alors d'être négligeable. La comparaison de l'effet du broyage au mortier et au broyeur à hélice à 8 000 et 12 000 tours permet de constater que l'action des enzymes décroît quand la finesse du broyage augmente. Il semble donc bien que celles-ci, qui sont constituées en majeure partie par des cellulases, agissent uniquement en complétant la dislocation des éléments cellulaires et en dissolvant les membranes dans les fragments de tissus soumis à leur action. Les résultats de Bawden et Pirie qui obtenaient la libération d'un surplus de virus très important sous l'action des enzymes, s'expliquent par le fait que ces auteurs utilisaient un broyeur à rouleau opérant par écrasement et dont l'action était probablement comparable à celle du mortier. L'appareil à hélice tranche au contraire les tissus et les débite en fragments contenant très peu de cellules.

Étude comparée de l'action de la trypsine et des enzymes de l'Escargot. — L'action de la trypsine a été expérimentée sur des fibres complètement épuisées. Lorsque celles-ci sont obtenues après broyage au mortier, la trypsine permet d'extraire après épuisement une certaine quantité de virus, environ 20 fois plus faible dans les essais réalisés que celle fournie par les enzymes de l'Escargot. Sur les fibres provenant du broyeur à hélice, l'action de la trypsine est nulle (digestion à 37°, au pH 8,3 pendant 40 heures). La trypsine agissant de concert avec les enzymes de l'Escargot paraît accélérer l'action de cette dernière, mais ne l'augmente pas. Bawden et Pirie ont montré que la trypsine possède le pouvoir de séparer le virus des complexes chromoprotéiques qui se forment au cours de l'extraction. La libération observée à partir des fibres

---

([2]) Les dosages étaient réalisés par la méthode sérologique.

broyées au mortier est peut-être imputable à cette action. Par contre cette enzyme est sans effet sur un hypothétique virus lié, subsistant dans les fragments de tissus broyés au broyeur à hélice et épuisés par des lavages successifs.

Nous avons eu l'idée de faire précéder l'action de la trypsine par celle de la pepsine qui est, par elle-même, absolument incapable de libérer le virus. L'action combinée des deux enzymes sur la fibre broyée est très faible. Par contre, un effet très notable a été observé sur de fines particules en suspension. Les feuilles étaient broyées à 12 000 tours, et le liquide obtenu centrifugé d'une façon incomplète (5 minutes à 5 000 tours). L'action de la pepsine sur cette suspension était nulle. La trypsine agissant isolément sur 4^{cm^3} permettait un gain de virus de 4 %, par rapport au témoin soumis aux mêmes conditions de pH. Enfin, après action préalable de la pepsine, le gain produit par la trypsine atteignait 75 %. Le pH 2,3 utilisé pour le traitement par la pepsine rendait inactif d'ailleurs une partie importante du virus, mais les comparaisons restaient valables, puisque les témoins étaient portés au même pH dans des conditions identiques.

Ces résultats se rapportent à des tissus non épuisés en virus. Ils permettent de présumer qu'une faible partie de ce dernier reste enfermée dans le réseau des protéines de structure et peut être libérée par la trypsine lorsque ces protéines ont été préalablement lésées par la pepsine. Il s'agit là d'une liaison purement physique que plusieurs broyages successifs à 12 000 tours suffisent à rompre.

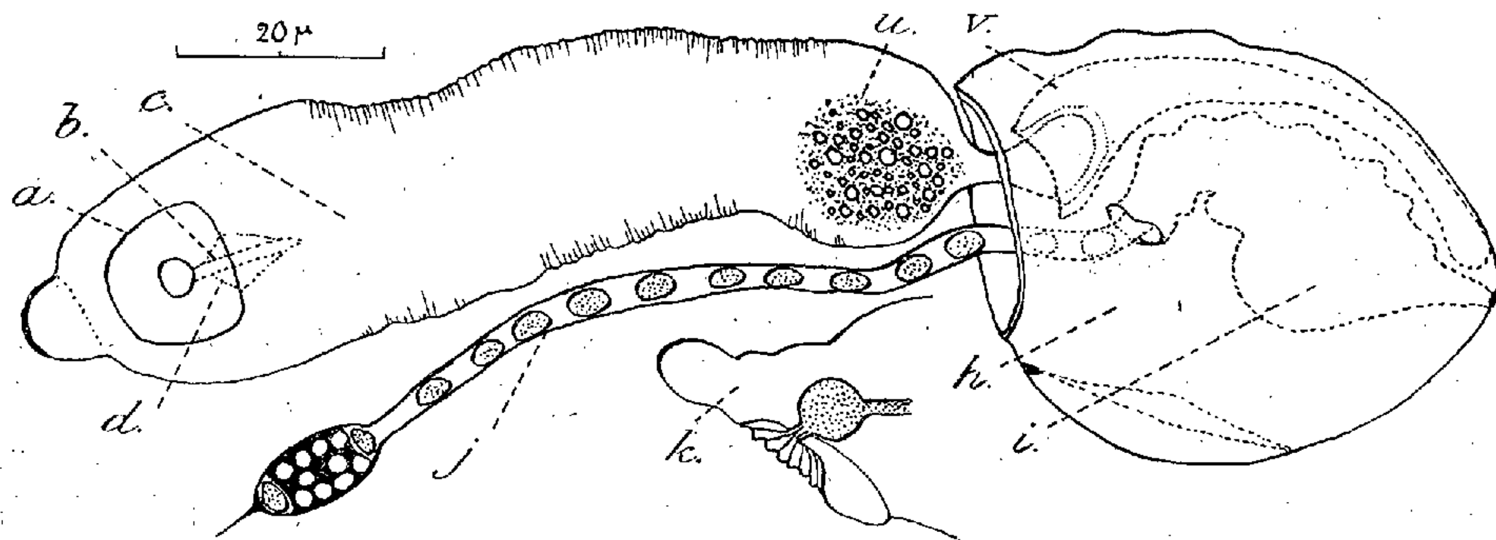
BIOLOGIE. — *Sur la castration parasitaire chez* Dentalium entale *Deshayes.* Note de Mlle **Lucie Arvy**, présentée par M. Louis Fage.

Nos connaissances sur le parasitisme chez les Scaphopodes sont très fragmentaires. Pelseneer (¹) décrit, chez un *Dentalium tarentinum*, un sporocyste contenant des cercaires acerques. Boissevain (²) signale la présence de rédies dans les vaisseaux sanguins de *Dentalium entale*, dragués à Naples. Aucun de ces auteurs ne mentionne les modifications de l'hôte. Aussi nous paraît-il intéressant de rapporter les observations que nous avons faites sur la castration parasitaire et la morphologie de l'agent causal.

Nous avons trouvé, en effet, chez 30 Dentales, sur un total de 46 dragués à notre intention par MM. E. Fischer et A. Franc, entre le 24 juillet et le 24 septembre, à un mille de Paramé, par 8^m de fond, un aspect très anormal de la gonade. Les lobules dont est constituée la gonade de Dentale [Lacaze-

(¹) *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 40, 1906, p. 161-186.
(²) *Jena Z. Naturw.*, 38, 1904, p. 552-570.

Duthiers ([3])] sont envahis par des formations tubulaires ou ampullaires, contenant de nombreux parasites. Dans certains cas, une partie de la gonade est respectée et le sexe de l'hôte peut être reconnu; parfois les gonocytes ont entièrement disparu.



Examinées à l'*état frais*, ces formations étrangères à l'organisme du Dentale sont incolores. Elles sont remplies d'éléments vermiformes, animés de mouvements lents. A un fort grossissement on reconnaît des cercaires cystophores, à cuticule mince, lisse, se plissant finement. La cercaire (*c*) mesure de 70-30 à 180-14$^{\mu}$, le cyste de 35-45 à 55-30$^{\mu}$. Ces différences de taille sont à rapporter soit à de minimes différences d'âge, soit surtout à l'élasticité de la cercaire, qui apparaît tantôt comme un ballonnet, tantôt comme un cylindre étroit. La ventouse antérieure (*a*) est subterminale, elle mesure environ 15 sur 10$^{\mu}$. Elle apparaît tantôt circulaire, tantôt ovalaire. Elle porte un orifice situé à environ 15$^{\mu}$ de l'extrémité antérieure, amincie, de la cercaire; cet orifice s'ouvre dans une cavité qui, vue latéralement (*k*), est circulaire. Un pharynx (*b*), flanqué de deux formations lobées (*d*), lui fait suite. L'extrémité postérieure de la cercaire présente, dans sa partie médiane, un amas de granulations réfrigentes qui indiquent la vessie (*u*). En arrière de la vessie, la cercaire se rétrécit, pour pénétrer, à travers un collet, dans le cyste, où elle se termine par un renflement arrondi ou conique. La partie rétrécie mesure environ 6$^{\mu}$ de large et la partie terminale 8 sur 12$^{\mu}$. Cette dernière est coiffée d'un cornet (*v*), dont la pointe s'attache au fond du cyste, au contact de l'insertion d'une loge conique, à sommet antérieur (*i*), où est abrité, à l'état de repos, un très long appendice (*j*). L'appendice peut faire saillie au dehors; quand son étirement est faible, il a un aspect strié, car les noyaux qu'il contient sont proches les uns des autres et leur grand axe est à angle droit avec le grand axe de l'appendice; quand son étirement est important (100$^{\mu}$), les noyaux sont écartés les uns des autres et leur grand axe coïncide avec celui de

---

([3]) *Ann. Sci. nat. Zool.*, 7, 1857, p. 171-255.

l'appendice. L'extrémité de cet appendice est le plus souvent renflée; elle porte, en général, une pointe effilée, bien visible au microscope à contraste de phase. La partie renflée contient 8 à 10 éléments tassés les uns contre les autres, plus petits que les noyaux, très réfringents. Ces éléments particuliers forment un amas au delà et en deçà duquel est un noyau du même type que les autres noyaux de l'appendice.

Sur préparations fixées et colorées, la cercaire apparaît comme un sac de noyaux, sans structure visible au delà du pharynx. Notre étude doit donc être complétée par l'examen d'autres stades.

Cette cercaire cystophore ne correspond à aucune des formes connues (4), (5), (6), (7), (8). Nous proposons de la dénommer *Cercaria Prenanti*, en hommage au professeur Marcel Prenant.

La castration du Dentale pourrait être due à l'action mécanique du parasite, qui s'insinue entre les rangées de gonococytes, les comprime et les isole de l'apport nourricier habituel. Cependant, l'hypothèse d'une action toxique par des sécrétions du parasite non plus qu'une action spoliatrice ne peuvent être exclues.

BIOLOGIE. — *La lyse des tissus cicatriciels par le citrate de soude.* Note de MM. **Marino Vagliano** et **Georges Tsiro**, présentée par M. Léon Binet.

A côté du rôle pharmacologique habituellement attribué au citrate de soude, les recherches auxquelles nous avons procédé nous ont amenés à reconnaître à ce médicament la propriété d'exercer une véritable lyse, rapide et complète, de tout tissu cicatriciel. C'est là, croyons-nous, une notion nouvelle sur laquelle nous nous permettons d'attirer l'attention.

L'observation continuée pendant plusieurs années de plus de 3 000 cas d'artérite oblitérante de gelures (1), nous a permis de constater que le citrate de soude, médicament que nous avons utilisé d'une façon systématique, représente pour le moment le seul produit capable de fournir des résultats nets et durables.

Devant les résultats ainsi obtenus, il nous a paru indiqué de poursuivre des recherches sur le mode d'action du citrate de soude. Les effets de ce médicament sur la coagulation et sur la viscosité du sang ne pouvaient, en effet, selon nous, être la cause des résultats si remarquables obtenus dans le traitement aussi bien de l'artérite oblitérante que du tissu cicatriciel séquelle de gelures.

(4) M. Lühe, *Parasitische Plattwurmer. Cercarien.* Jena, 1909.

(5) R. P. Dollfus, *Ann. Parasitol.*, 1, 1923, p. 345-351.

(6) O. Fuhrmann, *in Kükenthal Handbuch. Zool.*, 2, 1928, p. 85.

(7) M. Rothschild, *Novit. Zool.*, 41, 1938, p. 42-57.

(8) Ben Dawes, *The Trematoda*, Cambridge, 1946.

(1) *La Gelure*, Paris, 1948.

Nous nous sommes donc demandé si le citrate de soude exerce une action spécifique sur cette prolifération anormale du tissu conjonctif.

Pour étudier cette question, nous avons provoqué chez le Chien l'apparition de cicatrices en excisant des fragments de peau avec le tissu sous-cutané correspondant. Les cicatrices ainsi déterminées dans l'espace de deux mois environ étaient circulaires et mesuraient environ 25^{mm} de diamètre. L'évolution de ces cicatrices a été suivie au point de vue clinique et histologique, par biopsies, simultanément chez les animaux soumis à un traitement par le citrate de soude et chez les témoins.

Normalement, la peau du Chien est constituée par une couche épidermique comprenant une ou deux assises continues de cellules. Au-dessous on trouve, entre les canaux glandulaires accompagnés de leurs poils, des cellules adipeuses et des cellules conjonctives pourvues d'un noyau rond ou ovalaire et d'un protoplasme allongé et volumineux. Les cellules conjonctives ainsi que les fibres collagènes qui sont très épaisses, sont irrégulièrement disséminées dans un réticulum très lâche, isolant des groupes cellulaires glandulaires plus ou moins importants.

Les cicatrices qui se forment au niveau des plaies pratiquées sur l'animal d'expérience ont l'aspect suivant : la couche superficielle est constituée par plusieurs assises de cellules rondes ou ovalaires et présente une tendance à diminuer avec le temps. Plus profondément, on trouve des couches constituées par des cellules conjonctives très rapprochées, pourvues d'un noyau ovalaire devenant peu à peu rond. Le protoplasma très allongé des cellules conjonctives ainsi que les fibres collagènes constituent souvent de véritables faisceaux qui remplissent le champ du microscope dans toute l'épaisseur de la cicatrice.

Aucun amas de cellules glandulaires, de cellules péripilaires, ni de cellules adipeuses ne se rencontre dans ce tissu cicatriciel dont l'aspect est, par conséquent, très uniforme : pendant le premier et le deuxième mois, le protoplasma des cellules conjonctives et les fibres collagènes disposées en faisceaux présentent des noyaux nombreux, allongés ou triangulaires; plus tard, entre le troisième et le sixième mois, ces noyaux se raréfient et deviennent ronds. La vascularisation est rare.

Quand la cicatrisation est devenue complète, c'est-à-dire vers la fin du deuxième mois, les animaux d'expérience furent soumis à un traitement par injections intraveineuses de 10^{cm^3} d'une solution de citrate de soude à 1 ou 2 %, injections qui furent renouvelées tous les deux jours. Chez ces animaux, nous avons constaté que, sous l'influence du traitement, les cicatrices diminuent d'épaisseur de semaine en semaine. Vers le deuxième mois du traitement, elles sont devenues ainsi plus minces, plus lisses et plus souples que la peau normale avoisinante.

Une cure de citrate de soude poursuivie pendant un mois fait apparaître les

phénomènes suivants : les noyaux, rares à ce moment, allongés et surtout triangulaires se multiplient à tel point qu'on se croirait en présence d'une cicatrice toute récente et en pleine évolution. Cette multiplication s'opère aux dépens des noyaux ronds qui disparaissent. Le protoplasma devient beaucoup plus volumineux et, au tissu dense et fasciculé se substitue un tissu plus lâche. Un ou deux mois après la cessation du traitement par le citrate de soude, l'aspect des coupes conserve encore des caractères particuliers : les noyaux restent généralement allongés; le protoplasma et les fibres collagènes sont très épais de sorte que l'aspect général est celui du derme normal avec tissu réticulaire très lâche comportant des mailles apparemment vides; les vaisseaux sont plus nombreux et la peau mieux irriguée que dans le tissu cicatriciel des animaux témoins.

Plus tard cependant, les noyaux se raréfient tout en conservant leur forme allongée. L'épiderme est constitué le plus souvent par une ou deux assises de cellules plus ou moins arrondies; finalement l'épaisseur de la cicatrice se trouve réduite des deux tiers ou davantage par rapport à celle d'une cicatrice témoin du même âge. Le tissu cicatriciel a subi une véritable fonte.

Ainsi, la réaction provoquée par le citrate de soude au niveau du foyer cicatriciel a pour effet une néoformation telle que le tissu dense bien connu se trouve remplacé par un tissu souple beaucoup moins dense, présentant des cellules et des fibres collagènes très semblables à celles du tissu conjonctif normal. Il s'est ainsi produit une véritable lyse du tissu cicatriciel qui se manifeste aussi bien au cours de l'expérience que sur les coupes histologiques.

Cette lyse cicatricielle qui constitue un phénomène très spécifique et très caractérisé, doit être attribuée, selons nous, à une propriété particulière du citrate de soude.

BIOLOGIE. — *Le virage globulaire. Ses applications à la biologie clinique.*

Note de M. **Pierre-Paul Lévy**, présentée par M. Léon Binet.

Les hématies de sang frais, à peine immergées dans un liquide isotonique stérile, prennent la coloration rouge vif du sang artériel. A l'étuve, cette teinte ne perd qu'après plusieurs jours son éclat. Il s'agit d'une *position d'équilibre tinctorial stable*.

Si l'on introduit dans le milieu sanguin une culture microbienne, il se produit un virage au violet. La coloration persiste dans cette *deuxième position d'équilibre tinctorial stable*. On peut tirer les globules de cet état de « torpeur cyanique » en aérant par agitation le tube qui les contient; ils y retombent dès que cesse la suroxygénation provoquée.

De cette constatation dérivent des applications multiples :

Dans un ballon d'hémoculture aérobie, l'apparition du virage globulaire (Vg) indique la présence d'une pousse microbienne; le défaut de virage est signe de stérilité (1) (2).

Dans un tube à essai contenant l'émulsion globulaire, l'adjonction de cultures bactériennes donne naissance au Vg.

Avant d'entrer dans le détail de l'action des microbes, il convient d'apprécier les effets de substances diverses, inertes ou réductrices. Le contact de poudres inertes, minérales ou organiques, même en quantité considérable, est bien toléré par les globules qui gardent leur rutilance. S'il y a une action nocive, elle s'exerce sans aboutir au Vg. Beaucoup de substances réductrices ont un pouvoir de destruction; celle-ci, dans la règle, succède à un stade de Vg. De même pour les sulfamides.

L'action des microbes a été examinée avec des germes vivants ou tués par la chaleur. Si la chauffe est suffisante pour rendre inactives les cultures, on observe un Vg amoindri. Mais après une chauffe à 120°, la réaction ne se produit pas. Une *substance thermolabile* est donc à l'origine du phénomène.

Le Vg atteint son maximum à 35-40°. Le froid en diminue l'intensité ou le supprime. Il réapparaît après un nouveau séjour à l'étuve.

La quantité des germes joue un grand rôle. Versons une émulsion épaisse de microbes vivants dans le milieu : le Vg est instantané. Avec des germes chauffés, il est proportionné au degré du pouvoir cyanogène particulier à chacune de leurs variétés.

Parfois ce pouvoir est juste suffisant pour créer une cyanose transitoire, qui se dissipe par « accoutumance » du sang à la présence des microorganismes.

Si l'on porte dans le milieu hématique vierge une trace de culture, le virage ne s'amorce qu'au moment où la densité de la pousse atteint le seuil utile.

S'il s'agit de bactéries pathogènes capables de développer dans le sang des propriétés défensives, l'apparition du Vg s'en trouve retardée ou supprimée. D'où la possibilité d'étudier au moyen de ce test l'état d'*immunité* ou de *réceptivité* à l'égard des infections avant, pendant ou après la maladie.

C'est ce que nous avons fait au cours des états typho-paratyphiques et chez des sujets vaccinés et sur des sujets non vaccinés. Des documents du même ordre, relatifs à d'autres affections, ont été rassemblés.

La réaction nous a servi à apprécier les pouvoirs bactéricide, bactériostatique, bactériophagique, de produits appropriés.

Les familles microbiennes ont un comportement variable vis-à-vis du Vg.

---

(1) P.-P. Lévy, *Bull. Soc. méd. hôp.*, 16 nov. 1917, p. 1143.

(2) P.-P. Lévy, *Presse méd.*, 30, 13 avril 1921, p. 296.

La plupart des *eubactériales* saprophytes ou pathogènes donnent le Virage. Les germes qui pullulent dans l'intestin (*B. coli, typhoparatyphiques, cholérique, dysentérique*, etc.) ont une action supérieure à celle des autres bactéries. Ces faits sont à rapprocher des observations cliniques de *cyanose entérogène*.

Les cultures obtenues à partir de l'organisme donnent lieu à un Vg plus poussé que les cultures entretenues par repiquages.

Les germes hémolysants agissent de manière variable. Tantôt l'hémolyse, brutale, dissout le globule avant que se dessine le Vg; tantôt, plus lente, elle succède à une phase préliminaire de cyanose.

Le Vg est une propriété générale, inhérente à l'action des microbes, indépendante des effets spécifiques de certains germes (hémolyse, brunissement, verdissement, etc.)

Le *bacille de Koch* ne produit pas de Vg. Les *bacilles paratuberculeux* donnent au contraire une réaction nette. D'où un nouveau signe distinctif entre les deux espèces.

Le comportement des *champignons ascomycètes* est le même que celui de la mycobactérie tuberculeuse. Quant aux *levures*, leur foisonnement se traduit par un Vg intense. Des éléments de transition entre ces deux groupes apparentés pourraient être classés d'après leurs effets sur le coloris des globules.

Comme on le voit, le Vg peut prendre place à côté des autres moyens d'identification bactériologique.

Notre expérience des germes *anaérobies* est encore réduite. Quand ils ne sont pas trop hémolysants, les hématies virent à leur contact.

Les cultures de protozoaires, de spirochétidés et de virus filtrants n'ont pas encore été mises à l'étude.

Il reste à préciser de quelle substance élaborée par les germes découle la réaction. Ce n'est pas un poison soluble : ni les toxines ni les bouillons de cultures filtrées n'ont d'effet cyanogène sur les globules rouges. C'est sans doute un élément endoprotéinique des corps microbiens qui en est cause.

Ce rapide tour d'horizon permet de prévoir tout le parti à tirer des conséquences d'une simple observation de physiopathologie. Le Vg est le témoin des interréactions créées entre le développement, exubérant ou entravé, des germes d'infection et le milieu au sang, inerte ou hostile à leur égard, dans lequel, à doses variables, ils sont immergés.

Le rapide coup d'œil qui donne la réponse confère à la méthode le meilleur de ses avantages.

En résumé, grâce au Vg il est possible : 1° de simplifier certaines recherches courantes de bactériologie et de sérologie, théoriques ou pratiques; 2° d'élucider quelques problèmes encore obscurs de pathogénie ; 3° d'apporter une contribution à l'étude de l'immunologie.

MICROBIOLOGIE. — *Sur un nouvel antibiotique extrait du mycélium d'*Actinomyces griseus. Note (*) de M[me] **Françoise Grumbach**, MM. **Pierre Goret**, **Émile Arquié**, **Fernand Boyer**, **Charles Flachat** et **Pierre Villemin**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Dans une récente Note (1) nous avons montré que si, par extraction acide, il était possible d'obtenir, à partir du mycélium d'*Actinomyces griseus*, un antibiotique possédant les propriétés de la streptomycine (2), l'extraction alcaline permettait de déceler, en grande quantité, une autre substance antibiotique très active sur les germes gram-positifs et sur *Stavhylococcus aureus* résistant à la streptomycine, mais inactive sur *E. coli* et très peu active sur *Klebsiella pneumoniæ*. Cette substance qui, en outre, est retenue par la bougie L3 et est indosable par la *cup plates method*, ne se rencontre que dans certaines souches d'*Actinomyces griseus*. Elle existe, en faible quantité, dans les jus bruts de culture où nous l'avons tout d'abord décelée (3).

Des essais ultérieurs ont pleinement confirmé nos premiers résultats.

Dans les recherches qui suivent, nous avons toujours utilisé un extrait alcalin préparé, après extraction acide préalable, conformément à la technique très simple antérieurement exposée (1), à partir de mycéliums âgés de 10 jours.

			Unités streptomycine par ml d'extrait alcalin de mycélium. Titrage par la méthode des dilutions.			
Date.	Souche.	Milieu.	*Staphylo. aureus* (Oxford).	*Staphylo. aureus* (Oxford) rendu résistant à la streptomycine (20 000 U/ml).	*Staphylo. aureus* N 131.	*Diplococcus pneumoniæ* (Til).
6 juillet...	Irr.	Belmont	3 000	10 000	750	15 000
7 » ...	–	–	500	2 000	125	6 000
12 » ...	–	–	1 500	5 000	400	12 500
6 juillet...	Dubos	Belmont	10 000	20 000	2 500	45 000
7 » ...	–	–	5 000	20 000	1 250	30 000
12 » ...	–	–	2 500	5 000	1 000	18 750

(*) Séance du 8 août 1949.

(1) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 602.

(2) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 962; **226**, 1948, p. 2011 et 2096.

(3) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 212.

1° Les résultats consignés dans le Tableau précédent confirment, tout d'abord, la grande activité de cette substance vis-à-vis des germes gram-positifs et singulièrement de *Diplococcus pneumoniæ*.

Il est intéressant de noter : *a*. que la richesse en antibiotique des extraits alcalins varie, comme nous l'avons déjà fait remarquer à propos des extraits acides, en fonction de la souche utilisée et suivant les cultures; *b*. que la substance est bien différente de la streptomycine puisqu'elle est très active sur le staphylocoque rendu résistant à la streptomycine et relativement peu active vis-à-vis de *Staphylococcus aureus* N 131, souche beaucoup plus sensible à la streptomycine que *Staphylococcus aureus* (Oxford).

2° Cette substance n'est présente en grande quantité que dans les mycéliums cultivés sur certains milieux.

Pour deux souches étudiées, on note pour l'une, une faible teneur en antibiotique sur milieu de Waksman (4) et Waksman + levure et, pour l'autre, une absence totale d'antibiotique sur les mêmes milieux. En revanche, le milieu de Belmont (5) convient parfaitement pour les deux souches.

3° L'extrait alcalin *ne manifeste aucune activité in vivo* sur l'infection expérimentale de la Souris par le streptocoque ou le pneumocoque. *In vitro*, son action inhibitrice vis-à-vis des différents germes est d'ailleurs annihilée par l'addition de sérum au milieu de culture.

4° Nous avons soumis à la dialyse sous pression et concentré au quart l'extrait alcalin et recherché les propriétés antibiotiques du dialysat et de l'eau de dialyse. Les titrages effectués montrent que la substance, qui a conservé toutes les propriétés de l'extrait non dialysé, contient deux fractions, l'une insoluble dans l'eau et l'autre, en faible quantité, soluble. Cette dernière fraction, néanmoins, possède aussi les mêmes propriétés que l'extrait dialysé ou non; elle est active sur les germes gram-positifs, inactive sur les germes gram-négatifs; son action est inhibée par le sérum, *in vitro*; elle est retenue par la bougie L3.

Nous sommes donc en mesure de confirmer l'existence dans le mycélium d'*Ac. griseus*, à côté de la streptomycine, d'une substance différente de la streptomycine et de la griséine, extractible en milieu alcalin. Cette substance très active *in vitro* sur les germes gram-positifs est inactive *in vivo* et son action est empêchée *in vitro* par le sérum; elle est donc facilement fixée par les protéines. Cet antibiotique ne dialyse qu'en faible proportion, ne traverse pas la bougie L3, ne diffuse pas dans la gélose; il a donc vraisemblablement un

---

(4) Glucose 10g, NaCl 5g, peptone 5g, extrait de viande 5g, eau 1000ml, pH 6,5–7.

(5) Ainsworth et Coll., *J. of Gen. Microbiology*, 1, n° 3, 1947.

poids moléculaire élevé. Sa faible fraction dialysable et soluble dans l'eau possède les même propriétés; c'est cette fraction que nous avons très probablement reconnue dans les jus bruts de culture ([3]) et qui peut être entraînée lors de l'extraction acide. Ce fait expliquerait les différences observées dans l'activité *in vitro* de certains extraits acides avant et après filtration, et aussi certaines différences d'activité *in vivo* et *in vitro* observées avec les mêmes extraits acides.

Nous avons déjà mentionné antérieurement que ces constatations rappellent celles de Schatz et Waksman ([6]), Waksman, Schatz et Relly ([7]), Waksman et Henrici ([8]), confirmées tout récemment par Waksman, Harris, Kupferberg et Singher ([9]). Ces derniers auteurs donnent le nom de *streptocine* à l'une des *substances* extraites par l'éther du mycélium d'*Ac. griseus;* substance présente en faible quantité dans le milieu de culture, active vis-à-vis de certaines bactéries gram-positives et vis-à-vis de *Trich. vaginalis*. La streptocine est différente de la streptomycine, de la griséine et de l'actidione. Nos procédés d'extraction n'étant pas comparables, et le milieu de Waksman ne se prêtant pas à la production de la substance que nous avons extraite, nous pensons que cet antibiotique est différent de celui qu'ont isolé les savants américains.

MICROBIOLOGIE. — *La perpétuation endomicrobienne du bactériophage chez un* Bacillus megatherium *lysogène*. Note de M. **André Lwoff** et Mlle **Antoinette Gutmann**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Plusieurs sortes d'arguments ont été apportés en faveur de l'hypothèse de la multiplication et de la transmission du bactériophage à l'intérieur des bactéries lysogènes et en particulier de *B. megatherium*. La lysogénie persiste chez les bactéries ayant subi des passages répétés soit en présence de sérum antibactériophage qui *neutralise* les bactériophages libres ([1]) soit dans des milieux oxalatés, alors que l'ion Ca^{++} est nécessaire à l'adsorption du bactériophage ([2]). Cependant, l'existence même des souches lysogènes a été récemment

([6]) *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 57, 1944, p. 244.
([7]) *Journ. Bacter.*, 51, 1946, p. 753.
([8]) *Journ. Bacter.*, 56, 1948, p. 259.
([9]) *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 70, 1949, p. 308.

([1]) E. et E. Wollman, *C. R. Soc. Biol.*, 122, 1936, p. 871; *Ann. Inst. Pasteur*, 60, 1938, p. 13.
([2]) E. et E. Wollman, *C. R. Soc. Biol.*, 121, 1936, p. 302; A. Gratia, *Ibid.*, 123, 1936, p. 506.

mise en doute et l'hypothèse a été envisagée d'un équilibre entre formes résistantes et mutants sensibles ([3]). Il est en effet théoriquement concevable que, si l'un des articles d'un diplobacille subissait une mutation de la résistance vers la sensibilité, se lysait et libérait des bactériophages, ceux-ci pourraient atteindre la bactérie contiguë sans subir l'action du sérum antibactériophage ou celui d'un fixateur du calcium. Il était donc essentiel de reprendre par des moyens expérimentaux nouveaux l'étude de la transmission du bactériophage dans les bactéries lysogènes.

Nous avons utilisé la technique décrite antérieurement : un diplobacille mobile est prélevé dans une culture en eau peptonée (protéose peptone à 1 %) (1[re] expérience) ou dans ce milieu additionné de glucose et d'un extrait de foie (2[e] expérience). Après cinq lavages il est transféré dans une goutte de milieu neuf. Les bactéries restent mobiles pendant toute la durée de l'expérience et la séparation a généralement lieu lorsque les bactéries filles sont déjà cloisonnées. Deux diplobacilles sont donc ainsi libérés à la *division*. Dès que celle-ci se produit, on injecte dans la goutte 1/5 environ de son volume de milieu neuf. On assure le mélange des liquides et l'on prélève l'une des bactéries avec un volume de liquide égal au volume ajouté. Le prélèvement est transféré dans une suspension en milieu gélosé de mutilat sensible, suspension qui est étalée sur une couche de gélose. Dans la première expérience, cette opération a été répétée jusqu'à la dixième division, dans la seconde jusqu'à la dix-neuvième. Après la dernière division, les deux bactéries filles sont ensemencées séparément, la dernière avec la totalité du liquide restant. Dans chacune des expériences, deux boîtes (1[re] et 8[e], 4[e] et 16[e] divisions) n'ont pas montré de plage. Sur toutes les autres boîtes, il y avait une plage circulaire centrée par une colonie bactérienne. Celle-ci, repiquée, a effectivement administré à nouveau la preuve de son caractère lysogène (présence de bactériophages dans les filtrats de la culture).

Durant toute l'expérience, les bactéries se sont séparées à un intervalle moyen de 25 minutes (moyenne sur 19 divisions). A aucun moment on n'a observé de lyse bactérienne ni noté la diminution de taille d'un des diplobacilles, diminution qui aurait forcément suivi une lyse. L'absence de toute plage en dehors de la plage unique centrée par une colonie lysogène montre d'ailleurs qu'à aucun moment il n'est apparu de bactériophage libre dans la culture.

La lysogénie s'est donc maintenue au cours de 19 divisions en l'absence de bactériophage libre. Si le bactériophage ne se multipliait pas à l'intérieur de

---

([3]) S. Luria *in* M. Delbruck, *Biol. Rev.*, 21, 1946, p. 30; A. D. Hershey et J. Bronfenbrenner, Bacterial Viruses *in* « Viral and rickettsial infections of man », Philadelphie, 1948.

la bactérie et si le maintien de la lysogénie était le fait de corpuscules adsorbés sur le diplobacille originel, et également répartis parmi les bactéries filles, celui-ci devrait posséder au départ un minimum de $2^{19} = 524\,288$ bactériophages. L'hypothèse d'après laquelle, dans les souches lysogènes, la transmission du bactériophage se ferait par le milieu extérieur peut donc être rejetée.

Il résulte d'ailleurs d'expériences qui seront exposées ultérieurement qu'une bactérie lysogène peut produire de 9 à 178 bactériophages. Et l'on sait aussi [4] que le lysozyme ne libère pas de bactériophage à partir de *Bacillus megatherium* lysogène, ce que nous avons vérifié. Du lysozyme est injecté dans des microgouttes de bactéries lysogènes en voie de multiplication exponentielle. Selon les expériences 12, 54, 80 et 208 bactéries ont été ainsi lysées par du lysozyme à 1 pour 50 000. La totalité du liquide est alors prélevée et testée : pas de bactériophage.

L'ensemble de ces expériences confirme donc nos conclusions antérieures relatives à la possibilité d'une multiplication des bactéries lysogénes sans libération de bactériophage [5]. Elles démontrent de plus que la lysogénie peut être maintenue après 19 divisions en l'absence de bactériophage libre, donc par multiplication endomicrobienne.

Nos observations nous avaient conduit à considérer l'hypothèse d'après laquelle la production du bactériophage était induite par des facteurs externes [6]. De nouvelles expériences sur lesquelles nous reviendrons nous ont permis de définir des facteurs (changements brusques de milieu) qui permettent d'induire à volonté la production de bactériophages par des bactéries potentiellement lysogènes.

CHIMIE MICROBIENNE. — *Sur un complexe lipo-polysaccharidique isolé du bacille tuberculeux; constitution de la fraction lipidique* [1]. Note de M. **Jean Asselineau**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les cires extraites par le chloroforme de *Mycobacterium tuberculosis, var. hominis*, souche *Test*, par la technique d'Anderson [2], renferment une fraction

---

(4) E. et E. Wollman, *C. R. Soc. Biol.*, **122**, 1936, p. 190; A. Gratia, *Ibid.*, p. 812.

(5) A. Lwoff et A. Gutmann, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 605.

(6) A. Lwoff et A. Gutmann, *Idid.*, p. 679.

(1) Troisième communication sur les constituants du bacille tuberculeux; pour la deuxième communication, voir référence (7).

(2) *J. Biol. Chem.*, **74**, 1927, p. 525.

insoluble dans l'acétone bouillante, représentant 58 % des cires brutes, et constituée par un *lipo-polysaccharide*.

Purification. — Cette fraction, dont nous avons mentionné antérieurement ([3]) la similitude de propriétés chimiques avec le *PMKo* de N. Choucroun ([4]), peut être purifiée par précipitations répétées de sa solution éthérée par le méthanol, et par chromatographie sur alumine : elle passe dans le filtrat à l'éther de pétrole, malgré une légère acidité, correspondant à 2^{mm^3},0 KOH N/10 par milligramme.

Propriétés. — Un tel échantillon présente après deux chromatographies sur alumine, les caractéristiques suivantes : solide amorphe, presque incolore, F 208-220°, soluble dans l'éther de pétrole, le benzène, le chloroforme et l'éther, insoluble dans l'alcool et l'acétone. Analyse : C 61,89 % ; H 10,15 % ; N 1,0 % ; P 0,11 %. Cette fraction est presque totalement précipitée par centrifugation dans l'éther de pétrole, à — 5° et 16 000 tours par minute.

Saponification. — Par addition de potasse méthanolique bouillante à une solution benzénique bouillante d'un échantillon deux fois chromatographié sur alumine, un *polysaccharide* est détaché; insoluble dans ces solvants, il est aussitôt essoré, lavé au benzène et au méthanol bouillants [poids brut : 49 % du complexe ([5])]. La solution alcoolo-benzénique obtenue est immédiatement additionnée d'eau, acidifiée et extraite à l'éther : cet extrait éthéré fournit la *fraction lipidique*. Tout l'*azote* et le *phosphore* présents dans le complexe initial sont retrouvés dans l'hydrosoluble : la fraction lipidique en est donc exempte ([6]).

Constitution de la fraction lipidique. — Celle-ci est fractionnée par dissolution dans l'éther et précipitation par le méthanol. Un solide blanc A se sépare, qui est lavé au méthanol. Les solutions mères B fournissent un poids sec correspondant à 4,9 % du complexe initial. Le solide A (43 % du complexe) est alors fractionné par chromatographie sur alumine; les éluats par l'éther de pétrole-benzène et par le benzène renferment 90 % du produit (le reste est de l'acide mycolique libre, qui est élué par l'éther-acide acétique). Ces fractions sont constituées par une substance blanche, amorphe, dont les caractéristiques de deux échantillons (provenant de deux lots différents de bacilles) sont les suivantes :

1. solide F 42-44°, neutre, C 81,45 % ; H 13,33 % ;

([3]) J. Asselineau et E. Lederer, *Bull. Soc. chim. biol.*, 31, 1949, p. 492.

([4]) *Am. Rev. Tuberc.*, 56, 1947, p. 203.

([5]) Le polysaccharide ainsi isolé renferme encore environ 5 % (par rapport au complexe initial) d'acide mycolique, isolable par saponification plus poussée.

([6]) Pour la fraction azotée, *voir* J. Asselineau, N. Choucroun et E. Lederer, *Biochim., Biophys. Acta*, 5, 1950 (sous presse).

2. solide F 50-52°, neutre, $-OCH_3$ 4,15 %. Par ébullition avec l'anhydride acétique, il fournit un dérivé F 35-37°.

Ces deux fractions fournissent par saponification environ 98 % d'*acide mycolique*. L'échantillon F 50-52° libère ainsi un acide mycolique F 60-63°, qui, méthylé au diazométhane, fournit un ester méthylique F 45-52°. Le mycolate de méthyle ($C_{89}H_{178}O_4$: C 81,52 %; H 13,58 %; $-OCH_3$ 4,72 %) présente un point de fusion variant entre 43-46° (isomère α) et 52-55° (isomère β) (7). L'anhydro-mycolate de méthyle (3), obtenu par ébullition du mycolate de méthyle (α ou β) avec l'anhydride acétique, fond à 35-37° comme le dérivé obtenu à partir de l'échantillon 2 (8). Il en résulte donc que les fractions neutres isolées par chromatographie de la fraction lipidique purifiée, sont constituées essentiellement d'ester méthylique d'acide mycolique plus ou moins riche en isomère β.

Afin de voir si le mycolate de méthyle isolé préexistait dans le complexe initial, nous avons effectué une saponification dans des conditions identiques, avec la potasse *benzylique*. Par chromatographie sur alumine de la fraction lipidique purifiée, 22 % seulement de fractions neutres, F 38-42°, sont obtenues (et 72 % d'acide mycolique libre) : $C_{95}H_{182}O_4$ (mycolate de benzyle) calculé %, C 82,25; H 13,13; $-OCH_3$ 2,23; trouvé %, C 82,23; H 13,00; $-OCH_3$ 2,31.

L'obtention du mycolate de benzyle montre que les esters mycoliques isolés se forment au cours de la saponification par trans-estérification. Ce phénomène prouve donc qu'initialement, *l'acide mycolique (mélange d'isomères α et β) est lié au polysaccharide par son carboxyle* (9).

A partir des solutions-mères B, nous avons isolé par chromatographie sur alumine 60 % d'un liquide incolore, neutre, se solidifiant à 15-20°, $n_{21°}$ 1,444, indice de saponification 209. Sa saponification fournit presque uniquement des acides gras, de poids moléculaire moyen (par titrage) : 280. Ses propriétés rapprochent cette fraction d'un mélange d'esters méthyliques d'acides gras, qui se seraient formés par trans-estérification au cours de cette saponification très rapide.

---

(7) J. ASSELINEAU et E. LEDERER, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1892.

(8) Pour l'identification de ces substances, les points de fusion de mélange ne sont d'aucun secours; un mélange de deux dérivés de l'acide mycolique ne montre aucune dépression du point de fusion, mais fond à une température intermédiaire entre celles des deux constituants.

(9) Des trans-estérifications analogues ont par exemple, été observées par saponification de : la crocine, P. KARRER et A. HELFEINSTEIN, *Helv. Chim. Acta*, 13, 1930, p. 392; l'huile d'olive, TOYAMA, TSU-CHI-YA et T. ISCHIKAWA, *J. Soc. chim. ind. Japan*, (suppl.), 1933, 230 B à 231 B.

Si la saponification est un peu plus prolongée, ces mêmes acides gras sont obtenus à l'état libre.

En conclusion, dans le lipo-polysaccharide isolé, le mélange d'acides α et β mycoliques, qui correspond à 45 % du complexe, ainsi que les acides gras présents (4,9 %), sont liés au polysaccharide par leur carboxyle.

La séance est levée à $15^h 40^m$.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 23 février 1948.)

Note présentée le 9 février 1948, de M. *Maurice Lévy*, L'anisotropie du pouvoir rotatoire naturel :

Page 653, 18e ligne, *au lieu de* fonction de Langevin, *lire* fonction de L. Brillouin.

» 654, 6e ligne, l'équation (8) doit être *remplacée* par

$$(8)\quad K_1 = -K_2 = \frac{1}{2}\frac{d\hbar}{4c}\left[\frac{e_1 e_2}{\sqrt{m_1 m_2}}\sin\alpha\cos\alpha - 2\left(\frac{e_1^2}{m_1}\cos^2\alpha + \frac{e_2^2}{m_2}\sin^2\alpha\right)\left(\frac{e_1 a_1}{e_2 a_2} + \frac{e_2 a_2}{e_1 a_1}\right)^{-1}\right].$$

(*Comptes rendus* du 20 juin 1949.)

Note présentée le même jour, de M. *Benjamin de Jekhowsky*, Sur la détermination du paramètre dans le problème d'Euler :

Page 1926, dans le second terme du crochet de la formule (8), comme coefficient, *au lieu de* $\frac{7}{23}$, *lire* $\frac{7}{32}$.

(*Comptes rendus* du 8 août 1949.)

Plis cachetés :

Page 408, 12e ligne en remontant, *au lieu de* Mme Janine Grenier-Charpentier, *lire* Mme Janine Grehier-Charpentier.

(*Comptes rendus* du 22 août 1949.)

Note présentée le 17 août 1949, de MM. *Louis Genevois*, *Émile Peynaud* et *Jean Ribereau-Gayon*, La fermentation alcoolique des vins blancs de la Gironde :

Page 479, 11e ligne, *au lieu de*

$$(1)\qquad \sum = 5s + 2a + h + b = 0^{g},9,$$

lire

$$(1)\qquad \sum = 5s + 2a + h + b = 0,9g,$$

g étant le glycérol en molécules par litre.

(*Comptes rendus* du 26 septembre 1949.)

Note présentée le 19 septembre 1949, de MM. *Martial Laplaud* et *Robert Cassou*, Sur la production de trois veaux normands, à l'aide de sperme de taureau recueilli électriquement, dilué, conservé et transporté :

Page 630, 24e ligne, *au lieu de* M. Truelle à Saint-Mexmes, *lire* M. J. Ruel à Hauterive.
» » 29e ligne, *au lieu de* le 29 mai, *lire* le 3 juin.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 OCTOBRE 1949.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** donne lecture du décret suivant :

DÉCRET.

Le Président du Conseil des Ministres,

Sur la proposition du Ministre de l'Éducation Nationale,

Vu l'ordonnance du 5 mai 1816 portant approbation du règlement de l'Académie des Sciences, modifiée ou complétée par les décrets des 31 mars 1909, 17 mars 1913, 3 novembre 1945 et 23 janvier 1918.

Vu le procès-verbal de la séance tenue par l'Académie des Sciences, le 27 juin 1949.

Décrète :

Article premier. — Sont approuvées les dispositions suivantes adoptées par l'Académie des Sciences en sa séance du 27 juin 1949 et destinées à compléter le règlement intérieur de ladite Académie :

« A partir du 1er janvier 1950, les Membres libres, les Membres non résidants et les Membres de la Division des applications de la science à l'industrie participent à tous les scrutins.

« Pour le calcul du quorum, il n'est pas tenu compte des Membres non résidants.

« Aucune autre modification n'est apportée aux règlements, en ce qui concerne les Membres de ces trois catégories. »

ARTICLE 2. — Le Ministre de l'Éducation Nationale est chargé de l'exécution du présent décret qui sera publié au *Journal Officiel* de la République française.

Fait à Paris, le 13 septembre 1949,
Signé : HENRI QUEUILLE.

Par le Président du Conseil des Ministres :
Le Ministre de l'Éducation Nationale :
Signé : Y. DELBOS.

M. le **PRÉSIDENT** informe l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Toussaint, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 2 novembre au lieu du lundi 31 octobre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Halochromie en série anthracénique. Cas du diquinol mésodiphénylanthracénique diméthylaminé en* 1; *comparaison avec l'*o*-diméthylaminotriphénylcarbinol.* Note (*) de MM. **CHARLES DUFRAISSE** et **JACQUES ROBERT**.

Dans une précédente Note (1) nous avons montré, en nous basant sur des mesures spectrographiques, que l'halochromie intense manifestée par le diquinol mésodiphénylanthracénique diméthylaminé en 2, ressemblait beaucoup à celle du *p*-diméthylaminotriphénylcarbinol. Nous avons été ainsi amenés à attribuer au sel coloré de la base anthracénique une structure imonium (I), tout à fait comparable à celle du sel diméthylfuchsonimonium (II).

a. On se serait attendu à trouver une halochromie semblable, sinon plus accentuée encore, avec le diquinol diméthylaminé en 1 (III), isomère du précédent, et pour lequel était à prévoir la transformation par les acides en sel imonium *ortho* (V), les structures quinoniques *ortho* ayant un pouvoir chromophorique comparable à celui des structures *para* et, souvent même, plus élevé. Il n'en est rien : les acides forts ne colorent pas du tout le diquinol diméthylaminé-1 (III).

Or il se trouve qu'il en est de même pour le composé correspondant de la série triphénylméthanique, pour l'*o*-diméthylaminotriphénylcarbinol (IV), que les acides laissent incolore comme l'avaient observé, il y a longtemps, Baeyer et Villiger (2).

Ainsi, sous des apparences variées, le parallélisme se maintient entre les séries diphénylanthracénique et triphénylméthanique.

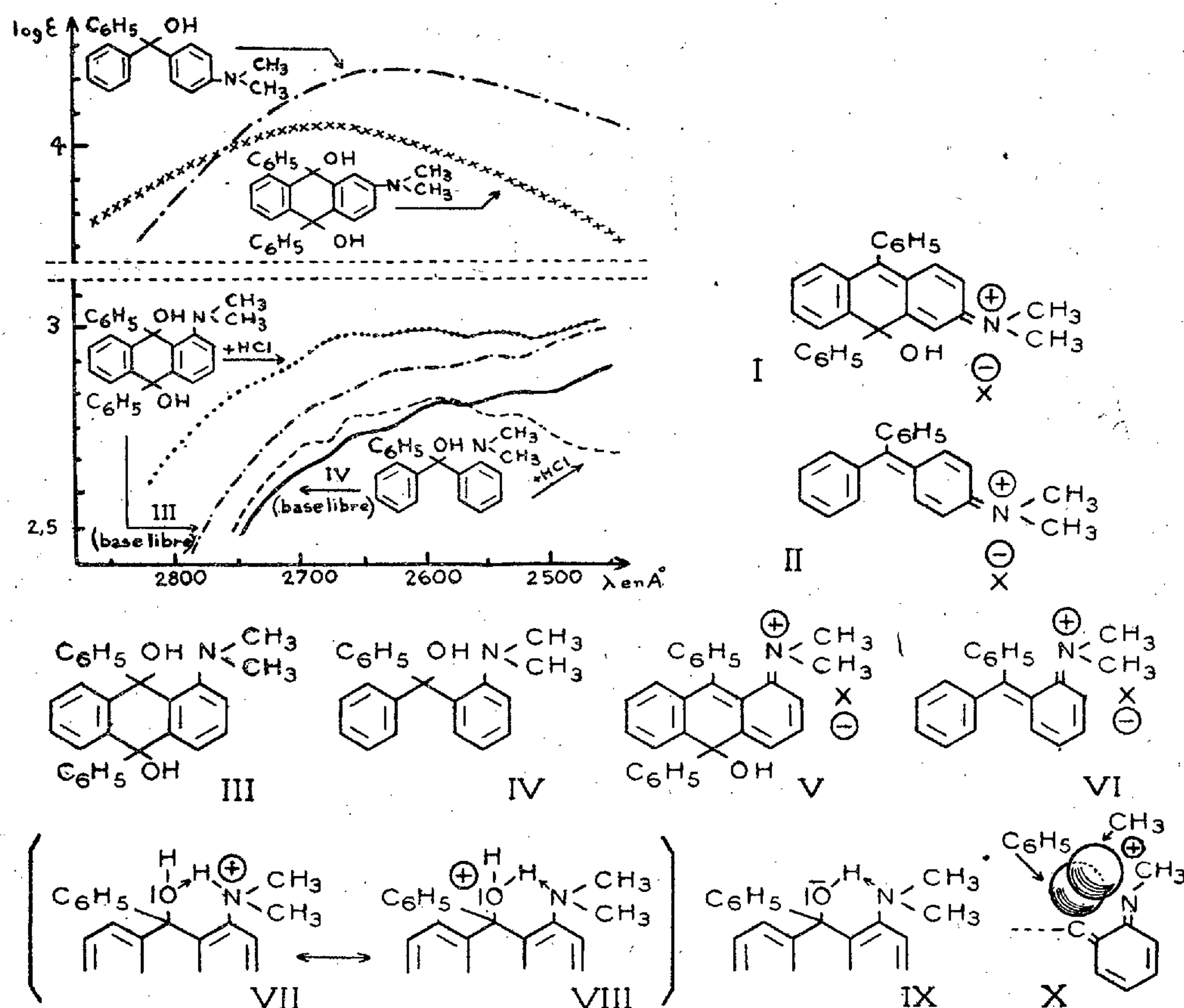
(*) Séance du 17 octobre 1949.

(1) CH. DUFRAISSE et J. ROBERT, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1738-1740.

(2) *Ber.*, 37, 1904, p. 3191-3210 : ces auteurs avaient simplement observé, dans des conditions particulières, une coloration bleue, très fugace.

Nous avons tenu à préciser ces analogies dans le cas des sels incolores, comme dans celui des sels colorés précédents, par la comparaison des spectres d'absorption.

Les mesures spectrographiques effectuées en parallèle sur les bases libres III et IV d'une part, et sur leurs sels chlorhydriques d'autre part, montrent combien cette similitude de comportement est profonde : elles sont résumées dans le graphique (*fig.* 1).



En ce qui concerne les bases libres, leur courbe d'absorption a la même allure générale, et celle-ci est très différente de celle de leurs isomères *para* ([1]), correspondant aux sels I et II : l'augmentation de log ε, quand λ diminue, y est presque régulière, n'étaient trois petits maxima, bien accusés pour le carbinol (sommets respectivement à 2520, 2590 et 2650 Å), à peine ébauchés et légèrement décalés vers les longueurs d'onde plus élevées pour le diquinol.

L'addition d'une seule molécule d'acide chlorhydrique aux solutions alcooliques des bases ne provoque pas de changements profonds dans leur absorption : on note seulement un affaiblissement de la bande 2520 Å, alors qu'apparaît à

l'autre extrémité du spectre, vers 2700 Å, un nouveau maximum net surtout pour le carbinol.

L'addition d'acide chlorhydrique en excès se traduit simplement, avec l'un et l'autre corps, par une augmentation à peu près uniforme de l'absorption tout le long du spectre, plus importante pour le diquinol que pour le carbinol; en même temps, la bande 2520 Å s'estompe de plus en plus, pour finalement disparaître quand on atteint une concentration de 6N.

Le fait que la chlorhydratation des deux bases n'amène aucun changement marqué dans leur spectre prouve que, contrairement à ce qui arrive à leurs isomères du type *para*, leur structure chimique est à peine modifiée par la salification; en particulier, ils ne subissent pas la transformation en structure orthoquinoïde par élimination d'une molécule d'eau.

b. Quelle idée se faire de cette inaptitude pour les sels des deux bases III et IV, à prendre les formes orthoquinoïdes V et VI?

Nous pensons qu'il y a à cela deux raisons, se renforçant mutuellement, savoir : un obstacle s'opposant au départ de la molécule d'eau, c'est-à-dire à la production de la forme anhydre colorée, et une entrave à la stabilité de cette dernière.

L'obstacle à la déshydration du sel doit être recherché dans la chélation de l'hydrogène, telle qu'elle est explicitée (en notation conventionnelle : $O \rightarrow H—N \leftrightarrow O—H \leftarrow N$) par les figures VII et VIII. Cette chélation fait apparaître un échange de localisation de la charge positive entre l'atome d'azote et celui d'oxygène; le sel serait ainsi partiellement oxonium, en même temps qu'ammonium. Il y aurait, par suite, un double motif pour que le départ d'eau puisse se faire par le même mécanisme qu'en *para* : d'une part, stabilisation de la structure par chélation et, d'autre part, changement du caractère chimique de l'hydroxyle, qui est devenu ion oxonium et, à ce titre, a changé de fonction chimique. Ainsi la salification aurait pour effet de stabiliser l'oxhydryle chez les bases du type *ortho*, III et IV, alors qu'elle le mobilise, au contraire, chez leurs isomères du type *para*, lesquels ne se prêtent pas à la même transformation de l'hydroxyle.

Pour que la chélation de l'hydrogène se produise sans tension excessive, il faut que l'hydroxyle vienne se placer dans le plan de l'azote aminé et du noyau adjacent. Ceci implique un pliement des structures, disposant en ailes de papillon les noyaux représentés à droite et à gauche du carbone porteur de l'hydroxyle; cette opération n'entraîne qu'une tension minime chez les dérivés du dihydroanthracène [*voir* entre autres ([3])] et moindre encore chez les dérivés du triphénylcarbinol.

Remarquons dans le même ordre d'idées, que la chélation de l'hydrogène

---

([3]) Ch. Dufraisse et I. Gillet, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 191.

doit exister déjà, mais sous la forme simple ordinaire, dans les bases libres, IX. On peut se demander si la perturbation qui en résulte pour les systèmes électroniques de l'oxygène et de l'azote ne serait pas la cause des différences relatées plus haut entre les spectres de ces bases et ceux de leurs isomères du type *para* (*voir graphique*).

La résistance de la forme hydratée à la déshydratation ne serait pas, à elle seule, un obstacle infranchissable à la production de la forme anhydre colorée, si la stabilité de celle-ci était suffisante. Mais la disposition *ortho* des groupements entraîne, par empêchement stérique, une distorsion du système résonnant orthoquinonique, X, déformation qui ne peut se produire dans le système paraquinonique, I et II. Il en résulte une diminution de l'énergie de résonance, comme la preuve en a été donnée, dans ces dernières années, sur des exemples variés d'empêchement stérique, spécialement dans le cas de la présence d'orthosubstituants. La conséquence générale est une diminution de stabilité de la structure résonnante, ici, de la structure orthoquinonique.

En résumé, les sels colorés imoniums *ortho* des types V et VI ne paraissent pas susceptibles d'existence durable pour deux raisons : stabilisation par liaison hydrogène des sels de la base hydratée incolore (VII, VIII) et, au contraire, diminution de stabilité de la forme orthoquinonique colorée, X, par empêchement stérique de résonance.

BIOLOGIE. — *Au sujet des variations individuelles et des polygones de fréquence.* Note de M. **François Grandjean.**

Jusqu'ici j'ai appelé *personnel*, faute d'un meilleur mot, un organe susceptible d'être distingué de tous ses homéotypes et reconnu sur des individus différents, de telle sorte qu'il puisse recevoir un nom, ou une notation, qui n'appartienne qu'à lui. Le mot *personnel* n'est malheureusement pas bon pour exprimer cette idée simple et son usage est incommode. Cela vient de ce qu'on lui donne ainsi une signification qui est incompatible avec celle du mot *individuel* et que l'on est au contraire habitué, dans le langage courant, à donner à ces deux mots le même sens général, qui est de concerner un exemplaire de biote.

Je propose de remplacer *personnel*, dans la définition précédente, par *idionymique* (1), ce mot nouveau voulant dire la capacité de recevoir une désignation qui ne soit pas collective. Une de nos dents, par exemple, est idionymique; un de nos cheveux ne l'est pas.

La notion d'idionymie se confond souvent avec celle d'orthotaxie, mais elle est plus générale. Elle subsisterait si aucune question spatiale n'était en jeu. La fixité de position d'un organe, inversement, considérée seule, ne suffit pas

(1) ὀνομάζω, ou ὀνύμαξε, nommer; ἰδίως, d'une manière propre (à la chose nommée).

toujours à prouver l'idionymie de cet organe. Des cas existent où une même position peut être occupée, selon les individus, par des organes homéotypes différents.

La notion d'idionymie se distingue de celle d'homologie en ce que l'idionymie est une qualité intrinsèque.

Ceci posé je propose de distinguer dans l'ensemble des variations individuelles, les anomalies exceptées, 4 catégories principales qui seraient les *mutations*, les *écarts*, les *différences numériques à signification collective* et les *fluctuations continues*.

Dans les catégories I (mutations) et II (écarts) la variation est discontinue. Nous admettrons que c'est une discontinuité simple AB (²). L'organe ou les organes qui la montrent sont idionymiques. Pour en faire le relevé statistique on examine tous les individus et l'on compte, pour *chaque organe*, les présences de A et de B.

Dans la catégorie III (différences numériques à signification collective) la variation est également discontinue. On la constate pour plusieurs organes homéotypes dont aucun n'est idionymique. Elle n'est donc pas attribuable à l'un d'eux, ou à certains d'entre eux, plutôt qu'à d'autres. On l'attribue à la collectivité, au groupe des organes. Il faut définir ce groupe. Ensuite, sur *chaque individu*, on compte les A et les B du groupe.

Dans la catégorie IV (fluctuations continues) on mesure quelque chose qui se rapporte, soit à un organe idionymique, soit à un ensemble plus ou moins compliqué d'organes, soit à tout le corps, mais c'est toujours une grandeur continue par sa nature, ou telle que l'on ne puisse étudier sa variation qu'en l'assimilant à une grandeur continue. L'observateur fait une mesure sur *chaque individu*.

J'ai déjà comparé la 2ᵉ catégorie à la 1ʳᵉ (³). Je ne reviens pas sur ce sujet.

Parmi les autres comparaisons, la plus intéressante de beaucoup, la seule que nous ferons ici, est celle de la 2ᵉ catégorie à la 3ᵉ. Pour qu'elle soit possible il faut envisager dans la 2ᵉ catégorie, non pas les écarts d'un organe, mais une même discontinuité dans un groupe homéotype d'organes. Par exemple il s'agira de la présence ou de l'absence des organes eux-mêmes. Je ferai l'hypothèse qu'alors, par extension des résultats obtenus dans l'étude d'un clone (⁴), une liste d'écarts est héréditaire, avec une probabilité pour chacun d'eux.

Nous savons aussi, dans les 3ᵉ et 4ᵉ catégories, que la sélection des cas extrêmes aboutit à des races expérimentales ayant une fluctuation définie.

(²) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1675.
(³) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1675 à 1678.
(⁴) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 658 et 879.

Ces races obtenues, les polygones de fréquence qui expriment la fluctuation ne changent plus, c'est-à-dire sont héréditaires.

La liste des écarts a donc le même comportement génétique que le polygone racial de fréquence. Elle lui correspond, bien qu'elle soit d'une autre nature.

Pour aller plus loin faisons intervenir le temps T phylogénétique. Remarquons qu'un groupe homéotype sans idionymie a été autrefois composé d'organes idionymiques. Sous une forme un peu moins générale, puisque les écarts sont de présence-absence, disons que le groupe étudié était d'abord orthotaxique et qu'il devient plétho- ou cosmiotaxique ([5]). C'est le phénomène orthogénétique de multiplication des organes. Nous savons qu'il a lieu progressivement et nous en connaissons, par de nombreux exemples, les étapes. Comment le polygone s'est-il modifié sous son action?

Construire le polygone dès le commencement, c'est-à-dire avec les écarts d'un groupe orthotaxique, oblige à ne pas tenir compte de l'idionymie, mais seulement du nombre total, sur chaque individu, des organes du groupe. Il y a très évidemment, dans ce procédé, quelque chose d'absurde puisqu'il revient à compenser l'absence d'un organe par la présence d'un *autre* organe. Cependant le polygone ainsi construit est héréditaire et il a le mérite d'être homologue de celui qu'on construira plus tard dans des conditions raisonnables, quand le groupe sera en pleine pléthotaxie ou cosmiotaxie.

Au début de l'orthogenèse, lorsque apparaissent les premiers écarts, ce polygone est totalement dissymétrique. Appelons N le nombre des individus examinés, n celui des organes sur un individu quelconque et n_0 la valeur primitive de n. La valeur de n qui est d'abord la plus commune (le mode) est n_0. C'est aussi la plus petite valeur de n puisque tous les écarts sont par excès. Le polygone est donc limité à gauche (avec les conventions habituelles) par une falaise verticale qui part de son sommet. Des auteurs ont rencontré des polygones de ce type, celui des pétales de *Caltha palustris*, par exemple, souvent cité et reproduit dans les livres pour sa totale dissymétrie.

Plus tard dans le temps T, si l'évolution multiplicatrice ne cesse pas d'agir, le nombre n le plus commun n'est plus n_0, c'est un nombre plus grand. La plus grande ordonnée n'est plus celle de plus petite abscisse. Le polygone, toujours dissymétrique, ne l'est plus totalement, et sa dissymétrie diminue à mesure que les nombres n augmentent, c'est-à-dire à mesure que la multiplication s'accentue et que l'idionymie, corrélativement, s'efface.

Ici le jeu des grands nombres ne concerne pas seulement le nombre N (dont je suppose que nous disposions), mais aussi les nombres n (dont nous ne disposons pas). Il est à prévoir que le phénomène multiplicateur doit agir très fortement, très longuement en général dans le temps T, pour que le polygone

---

([5]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 10.

de fréquence, supposé construit avec une très grande valeur de N, soit parfaitement symétrique.

En résumé nous dirons que le polygone, d'abord totalement dissymétrique, est poussé par l'orthogenèse multiplicatrice le long de l'axe des x, dans le sens positif des abscisses. En même temps il change de forme. Sa base s'agrandit et il devient de moins en moins dissymétrique. Il s'identifie de plus en plus à la courbe exponentielle d'une erreur quelconque.

A une époque donnée, l'actuelle par exemple, si un polygone de fréquence, malgré l'augmentation de N, conserve sa dissymétrie, c'est qu'il se rapporte à des organes qui n'ont pas tous perdu complètement leur idionymie.

Si le polygone est totalement dissymétrique, avec sa grande falaise à gauche, c'est parce que la perte de l'idionymie ne fait que commencer.

Bien entendu, dans tout ce qui précède on suppose que l'évolution numérique du groupe est purement progressive. L'hypothèse inverse n'aurait pas de sens ici puisqu'il s'agit de comparer la 2e catégorie à la 3e. En outre le polygone, en cas d'évolution numériquement régressive, serait dénué d'intérêt. On peut simplement dire en général, à son sujet, que les premiers écarts le feraient apparaître en totale disssymétrie, avec sa falaise à droite, qu'ensuite il n'aurait aucune raison d'être symétrique, et qu'enfin il serait supprimé, soit qu'il n'y ait plus d'organes, soit que, la régression s'arrêtant, il en reste quelques-uns, car alors ceux-ci n'auraient plus d'écarts.

Un classement des variations individuelles, dans l'état de nos connaissances, ne peut être qu'imparfait. Celui que je propose dans cette Note l'est certainement aussi, mais il me paraît meilleur qu'un autre, souvent accepté, qui consiste à mettre ensemble, sous le nom de somations, toutes les variations qui ne sont pas des mutations reconnues, après quoi on oppose les somations aux mutations en disant que les premières sont dues à des facteurs externes et qu'elles n'ont pas d'importance évolutive tandis que les secondes sont dues à des facteurs internes et sont l'unique preuve actuelle et directe, dans la nature vivante, de la réalité du transformisme. Cela n'est pas vrai puisque les écarts ne sont pas des mutations et qu'ils n'ont pas non plus les caractères attribués aux somations dans ce classement trop sommaire.

PLIS CACHETÉS.

M. Charles Guillaud demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 8 mars 1943 et enregistré sous le n° 11.887.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Mécanisme du champ coercitif et du magnétisme rémanent de la poudre de* Mn Bi. *Généralisation.*

(Renvoi à la Section de Physique générale.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Union internationale des Sciences biologiques. *Sostanze interattive tra uova e spermi e partenogenesi* (*Interaction entre l'œuf et le sperme et parthénogénèse*), par M. J. Sirks, Silvio Ranzi, I. W. Rowlands, Min Chueh Chang, Max von Hartmann, A. Walton, Alberto Monroy, Jean Brachet, Alberto Stefanelli, Joseph von Seiler (présenté par M. Fage).

2° Id. *Les bases scientifiques d'une organisation internationale pour la lutte biologique*, par Paul Vayssière, Ch. Ferrière, Marc André, A. J. Nicholson, David Miller, Frank Wilson, A. da Costa Lima, Jean-Renaud Steffan, J. Ghesquière, Alfred Balachowsky, F. Silvestri, H. L. Parker, Svatoslav Novicky (présenté par M. Fage).

ALGÈBRE. — *Détermination de certains anneaux.* Note de M. **Paul Jaffard**, présentée par M. Élie Cartan.

On se propose dans ce qui suit de déterminer avec J. Jacobson tous les anneaux A vérifiant la condition suivante : A a un socle (à droite) $\mathfrak{S} \neq 0$ et l'annihilateur (à droite) de ce socle est nul.

Soient $\mathcal{I}_\alpha$ un idéal à droite minimal de A et $\mathcal{L}_\alpha$ l'idéal bilatère annihilateur à droite de $\mathcal{I}_\alpha$.

Lemme. — *Si* $\mathfrak{a}$ *est un idéal à droite minimal d'un anneau* A *et si* $\mathcal{L}$ *est son annihilateur à droite, l'anneau* $A/\mathcal{L} = \mathfrak{p}$ *est primitif.*

On peut en effet considérer $\mathfrak{p}$ comme anneau d'endomorphismes du groupe abélien $\mathfrak{a}$ en posant $a\bar{x} = ax$ si $a \in \mathfrak{a}$, $x \in A$ et $\bar{x}$ est la classe de x dans $\mathfrak{p}$. [Cette opération est bien définie car $\bar{x} = \bar{y}$ entraîne $ax - ay = a(x-y) \in a\mathcal{L} = 0$]. Deux cas sont possibles : ou $\mathfrak{p} = 0$ (et est alors primitif de manière triviale), ou $\mathfrak{p} \neq 0$. En ce cas l'ensemble des éléments a de $\mathfrak{a}$ tels que $a\mathfrak{p} = \mathfrak{a}$ se confond avec $\mathfrak{a}$. On en déduit que $\mathfrak{p}$ est un anneau irréductible d'endomorphismes de $\mathfrak{a}$ et est donc primitif.

On voit également que si $\mathcal{I}_\alpha$ et $\mathcal{I}_\beta$ sont contenus dans un même pied $\mathcal{M}_\alpha$, $\mathcal{L}_\alpha = \mathcal{L}_\beta$: En effet on ne peut avoir dans A d'idéal minimal à droite nilpotent, car si $\mathcal{I}_\alpha^2 = 0$, $\mathcal{N}_\alpha = \mathcal{M}_\alpha \mathcal{I}_\alpha$ est un idéal bilatère de A et dont on a, soit $\mathcal{N}_\alpha = \mathcal{M}_\alpha$, soit $\mathcal{N}_\alpha = 0$. Le premier cas est impossible, car si $\mathcal{N}_\alpha = \mathcal{M}_\alpha$, on aurait $\mathcal{M}_\alpha \mathcal{I}_\alpha^2 = 0 = \mathcal{N}_\alpha \mathcal{I}_\alpha = \mathcal{M}_\alpha \mathcal{I}_\alpha = \mathcal{M}_\alpha$. Donc $\mathcal{M}_\alpha \mathcal{I}_\alpha = 0$ et $\mathcal{I}_\alpha$ annule le pied qui le contient et par suite tout le socle $\mathfrak{S}$, ce qui est impossible par hypothèse. On

en conclut que si $\mathcal{J}_\alpha$ et $\mathcal{J}_\beta$ sont contenus dans un même pied, $\mathcal{J}_\alpha \mathcal{J}_\beta = \mathcal{J}_\alpha$ entraîne $\mathcal{L}_\beta \subset \mathcal{L}_\alpha$ et de même $\mathcal{L}_\alpha \subset \mathcal{L}_\beta$, d'où $\mathcal{L}_\alpha = \mathcal{L}_\beta$.

Il est facile de voir que dans le cas qui nous intéresse $\mathfrak{p}_\alpha \neq 0$ et a son socle droit $\neq 0$: Soit $\mathfrak{M}_\alpha$ le pied qui contient $\mathcal{J}_\alpha . \mathfrak{p}_\alpha = 0$ entraînerait $\mathcal{L}_\alpha = A$, donc $\mathfrak{M}_\alpha A = 0$ et *a fortiori* $\mathfrak{M}_\alpha^2 = 0$ et $\mathfrak{M}_\alpha$ serait annihilateur a droite de $\mathfrak{S}$, ce qui est exclu par l'hypothèse. En outre, si f_α est l'homomorphisme canonique de A sur $\mathfrak{p}_\alpha$, $f_\alpha(\mathcal{J}_\alpha) \neq 0$, sans cela $\mathcal{J}_\alpha \subset \mathcal{L}_\alpha$ entraîne $\mathfrak{M}_\alpha \subset \mathcal{L}_\alpha$ et $\mathfrak{M}_\alpha^2 = 0$. Donc $f_\alpha(\mathcal{J}_\alpha)$ est un idéal (à droite) minimal de $\mathfrak{p}_\alpha$ qui a donc un socle $\neq 0$. Or on sait ([1]) que deux idéaux bilatères d'un anneau primitif ne peuvent s'annuler mutuellement. Le socle d'un anneau primitif ne peut donc avoir qu'un seul pied. Le pied $\mathfrak{M}'_\alpha$ de $\mathfrak{p}_\alpha$ est l'image de $\mathfrak{M}_\alpha$ par f_α.

Soit $(\mathfrak{M}_\alpha)_{\alpha \in I}$ l'ensemble des pieds de A et $\prod_{\alpha \in I} \mathfrak{p}_\alpha = A'$ le produit direct des $\mathfrak{p}_\alpha$. L'application $f = \prod_{\alpha \in I} f_\alpha$ est un isomorphisme de A dans A' puisque son noyau est l'annihilateur à droite du socle. On identifie canoniquement A à un sous-anneau de A' et $\mathfrak{M}'_\alpha$ à $\mathfrak{M}_\alpha$. $\mathfrak{S} = \sum_{\alpha \in I} \mathfrak{M}_\alpha$, c'est-à-dire le sous-anneau de $\prod_{\alpha \in I} \mathfrak{M}_\alpha$ formé par tous les éléments dont toutes les *composantes* sont nulles sauf un nombre fini. Donc $\mathfrak{S} = \sum_{\alpha \in I} \mathfrak{M}_\alpha \subset A \subset \prod_{\alpha \in I} \mathfrak{p}_\alpha = A'$. On voit que $\sum_{\alpha \in I} \mathfrak{M}_\alpha$ est le socle commun à A et A'.

On peut, d'autre part, vérifier la réciproque, à partir du fait que les idéaux à droite de $\mathfrak{M}_\alpha$ sont idéaux à droite de $\prod_{\alpha \in I} \mathfrak{p}_\alpha$ ([2]). Étant donné un anneau produit direct d'anneaux primitifs à socles non nuls et un anneau A tel que $\sum_{\alpha \in I} \mathfrak{M}_\alpha \subset A \subset \prod_{\alpha \in I} \mathfrak{p}_\alpha$, A répond à la question. En résumé :

THÉORÈME. — *Tout anneau à socle (droit) non nul et tel que l'annihilateur (à droite) de ce socle soit nul est compris entre un produit direct d'anneaux à socles (droits) non nuls et le socle de ce produit. Réciproquement, tout anneau compris entre un produit direct d'anneaux primitifs à socles (droits) non nuls et le socle de ce produit a un socle (droit) non nul qui a un annihilateur (à droite) nul.*

([1]) N. JACOBSON, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 57, 1945, p. 228-245.

([2]) J. DIEUDONNÉ, *Bull. Soc. Math. de France*, 71, 1943, p. 46-75.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Note sur le calcul symbolique à n variables et son application à la résolution de quelques équations intégrales.* Note (*) de M. **Paul Delerue**, présentée par M. Henri Villat.

Définition du calcul symbolique à n variables. — Si les deux fonctions $\varphi(p_1, p_2, \ldots, p_n)$ et $f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ se correspondent par la relation

$$(1)\quad \varphi(p_1, p_2, \ldots, p_n) = p_1 p_2 \ldots p_n \int_0^\infty \int_0^\infty \cdots \int_0^\infty e^{-\sum_1^n p_i x_i} f(x_1, x_2, \ldots, x_n)\, dx_1\, dx_2 \ldots dx_n,$$

$\varphi(p_1, p_2, \ldots, p_n)$ sera dite l'image dans le calcul symbolique à n variables, ce que l'on écrira

$$(2)\quad \varphi(p_1, p_2, \ldots, p_n) \underset{n}{\subset} f(x_1, x_2, \ldots, x_n).$$

On établit aisément pour ce calcul des propriétés analogues aux propriétés connues pour le calcul à une variable, en particulier la formule du produit

$$(3)\quad \frac{\varphi_1(p_1, p_2, \ldots, p_n)\, \varphi_2(p_1, p_2, \ldots, p_n)}{p_1 p_2 \ldots p_n} \underset{n}{\subset} \int_0^{x_1} \int_0^{x_2} \cdots \int_0^{x_n} f_1(\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n) f_2(x - \lambda_1 \ldots x - \lambda_n)\, d\lambda_1 \ldots d\lambda_n.$$

Dès lors, pour trouver la fonction inconnue $f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ solution de

$$(4)\quad \mathrm{C}f(x_1, x_2, \ldots, x_n) + \int_0^{x_1} \int_0^{x_2} \cdots \int_0^{x_n} \mathrm{K}(x - \lambda_1, x - \lambda_2, \ldots, x - \lambda_n) \times f(\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n)\, d\lambda_1\, d\lambda_2 \ldots d\lambda_n = g(x_1, x_2, \ldots, x_n)$$

on fera sur les deux membres de (4) une transformation du type (2) et en utilisant en particulier la relation (3), *on montrera que la solution $f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ de (4) se déduit de la solution $f_1(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ de l'équation analogue où l'on fait $g(x_1, x_2, \ldots, x_n) = 1$ par la formule*

$$(5)\quad f(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \frac{\partial^n}{\partial x_1 \partial x_2 \ldots \partial x_n} \int_0^{x_1} \int_0^{x_2} \cdots \int_0^{x_n} f_1(\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n) g(x_1 - \lambda_1, x_2 - \lambda_2, \ldots, x_n - \lambda_n)\, d\lambda_1\, d\lambda_2 \ldots d\lambda_n.$$

Ceci généralise une propriété donnée par M. Parodi (¹).

Première application. — *Équation d'Abel généralisée.* — A l'aide de (5), on résout aisément l'équation

$$(6)\quad g(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \int_0^{x_1} \int_0^{x_2} \cdots \int_0^{x_n} \frac{f(\lambda_1, \lambda_2, \ldots; \lambda_n)\, d\lambda_1\, d\lambda_2 \ldots d\lambda_n}{(x_1 - \lambda_1)^{\mu_1} (x_2 - \lambda_2)^{\mu_2} \ldots (x_n - \lambda_n)^{\mu_n}}$$

avec $0 < \mu^i < 1$, $i = 1, 2, \ldots, n$.

(*) Séance du 17 octobre 1949.

(¹) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 523.

On trouve

$$f(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \frac{\sin\pi\mu_1 \sin\pi\mu_2 \ldots \sin\pi\mu_n}{\pi^n}$$
$$\times \frac{\partial^n}{\partial x_1 \partial x_2 \ldots \partial x_n} \int_0^{x_1}\int_0^{x_2}\cdots\int_0^{x_n} (x_1-\lambda_1)^{\mu_1-1}\ldots(x_n-\lambda_n)^{\mu_n-1} g(\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n)\, d\lambda_1\, d\lambda_2 \ldots d\lambda_n.$$

Deuxième application. — Si l'on suppose (4) à deux variables, $C = 0$ et $K(x_1, x_2) = K_1(x_1) K_2(x_2)$ et si l'on pose

$$K_1(x_1) \supset \varphi_1(p_1), \qquad K_2(x_2) \supset \varphi_2(p_2), \qquad f_1(x_1, x_2) \supseteq \psi(p_1, p_2);$$

la détermination de $\psi(p_1, p_2)$ permet, vu (6), de résoudre (4). On obtient facilement

$$(7) \qquad \psi(p_1, p_2) = \frac{p_1 p_2}{\varphi_1(p_1)\varphi_2(p_2)}.$$

Il suffit de connaître l'image $\varphi_1(p_1)$ ou $\varphi_2(p_2)$ de $K_1(x_1)$ ou $K_2(x_2)$ et les originaux de $p_1/\varphi_1(p_1)$ ou $p_2/\varphi_2(p_2)$. On pourra utiliser le tableau suivant :

$K(x)$.	$\varphi(p)$.	$\frac{p}{\varphi(p)}$.	Original de $\frac{p}{\varphi(p)}$.
$x^n(-1<n<0)$	$\frac{\Gamma(n+1)}{p^n}$	$\frac{p^{n+1}}{\Gamma(n+1)}$	$\frac{x^{-(n+1)}}{\Gamma(-n)\Gamma(n+1)}$
$\frac{\cos\sqrt{x}}{\sqrt{x}}$	$\sqrt{\pi p}\, e^{-\frac{1}{4p}}$	$\frac{\sqrt{p}}{\sqrt{\pi}} e^{\frac{1}{4p}}$	$\frac{1}{\pi}\frac{\operatorname{ch}\sqrt{x}}{\sqrt{x}}$
$\frac{e^{-x}}{\sqrt{x}}$	$\frac{p\sqrt{\pi}}{\sqrt{p+1}}$	$\frac{\sqrt{p+1}}{\sqrt{\pi}}$	$\frac{1}{\pi}\left[\frac{e^{-x}}{\sqrt{\pi x}} + \operatorname{erf}\sqrt{x}\right]$
$1 + \frac{1}{\sqrt{\pi x}}$	$\sqrt{p}+1$	$\frac{p}{\sqrt{p}+1}$	$\frac{1}{\sqrt{\pi x}} - e^x \operatorname{erfc}\sqrt{x}$

Troisième application. — En utilisant successivement les images connues

$$\frac{p_1^2 p_2^2}{p_1^2 p_2^2 + 1} \subseteq \operatorname{ber}(2\sqrt{x_1 x_2}), \qquad \frac{p_1 p_2}{p_1 p_2 + 1} \subseteq J_0(2\sqrt{x_1 x_2}),$$

on résout les équations

$$C f(x_1, x_2) + \int_0^{x_1}\int_0^{x_2} \frac{(x_1-\lambda_1)(x_2-\lambda_2)}{C} f(\lambda_1, \lambda_2)\, d\lambda_1\, d\lambda_2 = g(x_1, x_2),$$
$$C f(x_1, x_2) + \int_0^{x_1}\int_0^{x_2} f(\lambda_1, \lambda_2)\, d\lambda_1\, d\lambda_2 = g(x_1, x_2),$$

dont les solutions sont respectivement

$$\frac{1}{C}\frac{\partial^2}{\partial x_1 \partial x_2}\int_0^{x_1}\int_0^{x_2} \operatorname{ber}\left(2\sqrt{\frac{(x_1-y_1)(x_2-y_2)}{C}}\right) g(\lambda_1, \lambda_2)\, d\lambda_1\, d\lambda_2,$$
$$\frac{1}{C}\frac{\partial^2}{\partial x_1 \partial x_2}\int_0^{x_1}\int_0^{x_2} J_0 2\sqrt{\frac{(x_1-\lambda_1)(x_2-y_2)}{C}}\, g(\lambda_1, \lambda_2)\, d\lambda_1\, d\lambda_2.$$

D'autres équations peuvent être intégrées par ce procédé.

ASTROPHYSIQUE. — *Répartition des novæ en longitude galactique. Influence de l'Amas local.* Note de M. **Charles Bertaud**, présentée par M. André Danjon.

1. *Catalogue des Novæ.* — Depuis les recherches de F. J. M. Stratton [1], une trentaine d'objets nouveaux sont venus enrichir la liste des novæ galactiques. Nous avons recueilli en un catalogue toutes les novæ apparues jusqu'en octobre 1949. Un certain nombre d'astres figurant dans les listes établies antérieurement et classés depuis parmi les variables ordinaires ont été éliminés. Finalement il reste, jusqu'à l'heure actuelle, 3 supernovæ galactiques, 99 novæ certaines, 12 novæ probables et 7 novæ plus douteuses, soit 121 objets en tout. Les types des novæ certaines ne sont pas tous connus. On voit pourtant que 41 d'entre elles sont à évolution rapide et 42 à évolution lente. Il apparaît donc autant de novæ lentes que de novæ rapides.

2. *Répartition en longitude galactique.* — Nous avons tout d'abord étudié la répartition des novæ le long du cercle galactique en utilisant les novæ et les supernovæ galactiques certaines (102 objets). Les résultats sont sensiblement les mêmes et nous pouvons nous en tenir aux seules étoiles temporaires certaines. Le cercle galactique étant divisé en 12 secteurs de 30°, nous avons construit un diagramme en portant sur la bissectrice de chacun de ces secteurs, à partir du centre, une longueur proportionnelle au nombre des novæ qu'il contient.

On aperçoit alors, fait déjà connu, un fort maximum de fréquence dans la direction du centre galactique. La moitié des novæ tombent entre les longitudes 300° et 360°. Si l'on divise ce secteur lui-même de 5° en 5°, on constate que le maximum est très aigu, puisque entre les longitudes 320° et 340° se trouvent 41 novæ dont les coordonnées moyennes sont :

$$\lambda = 330°{,}0, \qquad \beta = -4°{,}0 \qquad \text{(Sagittaire).}$$

Le diagramme montre, en outre, un second maximum de fréquence aigu dans la direction opposée. C'est ainsi qu'entre 145° et 185°, il est apparu 9 novæ avec les coordonnées moyennes :

$$\lambda = 159°{,}3, \qquad \beta = -1°{,}4$$

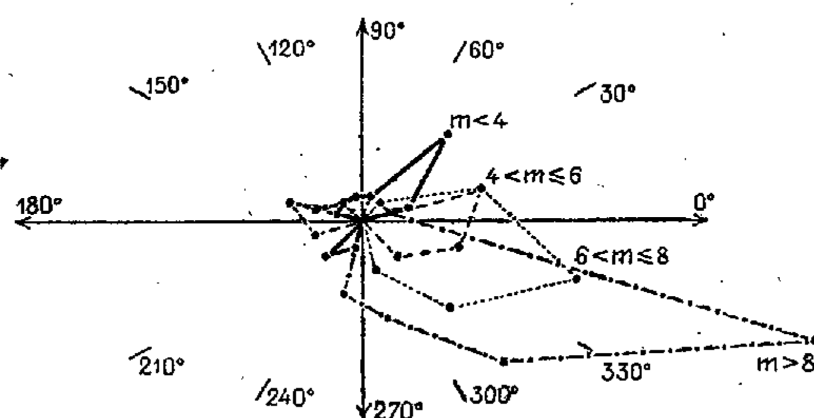
qui désignent un point des Gémeaux.

3. *Répartition en longitude d'après le maximum d'éclat.* — 96 novæ (supernovæ exclues) ont un maximum d'éclat apparent connu, observé dans la majorité des cas ou extrapolé d'une façon assez satisfaisante. Nous les avons

---

(1) *Handbuch der Astrophysik*, 6, fasc. 2, 1928, p. 251 et 7, 1936, p. 671.

divisées en quatre groupes suivant leur éclat. 14 ont été plus brillantes que la 4[e] grandeur, 17 avaient une magnitude comprise entre 4 et 6, 25 entre 6 et 8 et 39 n'ont pas dépassé la 8[e] grandeur. Un diagramme de répartition a été construit pour chacun de ces groupes (*fig.* 1).



Répartition des novæ en longitude suivant leur éclat.

———— $m \leqq 4$. - - - - - - - - - - $4 < m \leqq 6$. .... $6 < m \leqq 8$. —.—.—.— $m > 8$.

Le diagramme des novæ les plus faibles pointe fortement vers le centre galactique, mais celui des novæ brillantes se comporte tout différemment. Il présente un premier maximum provenant de 20 % de ces novæ, avec les coordonnées moyennes

$$\lambda = 238^\circ,3 \qquad \beta = -8^\circ,3.$$

Il est donc dirigé vers la constellation de la Carène. Un second maximum, encore plus prononcé, se trouve à l'opposé du précédent, vers le Cygne. La droite définie par ces deux directions coïncide sensiblement avec le grand axe de l'amas local hypothétique proposé par C. L. V. Charlier ([2]). En outre, le maximum principal du diagramme se déplace progressivement et toujours dans le même sens quand on passe des novæ brillantes aux plus faibles. On le voit aussi en examinant le tableau suivant qui fait intervenir la latitude galactique et donne les coordonnées moyennes des maxima de fréquence pour les quatre groupes de novæ, ainsi que les coordonnées de l'anticentre de l'amas local de Charlier et du centre galactique.

Direction des maxima de fréquence.

		$\overline{m}$.	λ.	$\overline{\beta}$.
Anticentre de l'Amas local			55°,8	+14°,8
Novæ	$m \leqq 4$	1,9	38,5	+ 9,1
	$4 < m \leqq 6$	5,3	0,8	− 2,1
	$6 < m \leqq 8$	7,2	340,2	− 6,3
	$m > 8$	10,1	329,3	− 2,4
Centre galactique			327	0

([2]) *Meddel, Lunds Astron. Observ.*, ser. II, n° 14, 1916, p. 31.

La direction du maximum de fréquence se déplace donc d'une façon continue de la direction du grand axe de l'amas local pour aboutir au centre galactique. Il nous paraît possible d'expliquer simplement ce phénomène en admettant l'existence de cet amas local. Les novæ très brillantes lui appartiennent en général. Au fur et à mesure que l'on envisage des novæ plus faibles, on introduit un plus grand nombre d'étoiles appartenant à la galaxie proprement dite, et ces dernières finissent par devenir prépondérantes comme le prouve alors la répartition trouvée plus haut pour l'ensemble des novæ.

RADIO-ASTRONOMIE. — *Détection du rayonnement radioélectrique solaire réfléchi par la Lune.* Note de MM. **Jean-Louis Steinberg** et **Siegfried Zisler**, présentée par M. André Danjon.

Le Radiotélescope installé par le Laboratoire de Physique de l'École Normale Supérieure et le Laboratoire du Service des Études de la Marine à Marcoussis (Seine-et-Oise), fonctionnant sur 158 mégahertz, depuis plusieurs annnées ([1]), ([2]), ([3]), a été notablement perfectionné. L'antenne est toujours constituée par deux dipôles avec réflecteurs, placés au foyer d'un miroir parabolique de $7^{m},5$ de diamètre à monture azimutale. Cette antenne est entraînée par des moteurs électriques asservis et peut être pointée très rapidemment vers une direction quelconque du ciel.

Une modulation à fréquence audible du signal reçu de l'antenne a été introduite suivant les principes posés par Dicke ([4]) et développés par l'un de nous ([5]). Alors que Dicke utilisait une modulation à 30 hertz, nos expériences ont montré l'intérêt d'utiliser des fréquences notablement plus élevées. Notre récepteur superhétérodyne, qui ne comporte pas d'amplification haute fréquence, possède, en l'absence de modulation, un facteur de bruit de 15 ([6]). L'énergie minima détectable est alors de 10^{-21} watts/cycle/m^2.

La fréquence de modulation actuellement utilisée est de 530 hertz. Pour mettre en œuvre ce découpage rapide, on applique une modulation en ondes carrées à l'oscillateur local. Un amplificateur basse fréquence sélectif suit le récepteur et l'amplitude du signal reçu est enregistrée. La puissance minima détectable devient alors 40 fois plus faible, passant à $2,5.10^{-23}$ W/cycles/m^2. Une modulation à 50 périodes n'a donné sur le même appareil qu'un gain 4 fois plus faible.

([1]) Y. Rocard, *Revue Scientifique*, **86**, 1948, p. 348.

([2]) M. Laffineur, R. Michard, J.-L. Steinberg et S. Zisler, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1636-1637.

([3]) *Bulletin du Service de Prévisions Ionosphériques de la Marine.*

([4]) *Rev. of Scient. Instru.*, 1946, p. 268-277.

([5]) J.-L. Steinberg, *Onde électrique*, **29**, 1949, p. 160-166.

([6]) H. T. Friis, *Proc. of the I. R. E.*, **32**, 1944, p. 419-422.

Avec ces perfectionnements, nous avons pu détecter le rayonnement radioélectrique secondaire de la Lune, les 11 et 12 mai 1949. L'énergie radioélectrique reçue du Soleil a subi alors une augmentation considérable et a atteint 200.10^{-23} W/cycle/m². La température apparente du Soleil était de 4.10^{6} degrés absolus. D'autre part, on était au voisinage de la pleine Lune et la Lune et le Soleil étaient visibles en même temps. Dans ces conditions, un rayonnement radioélectrique provenant indubitablement de la Lune a été détecté à plusieurs reprises. La puissance reçue était de l'ordre de 3.10^{-23} W/cycle/m².

Évaluons simplement le pouvoir réflecteur apparent de la Lune; nous remplaçons la surface apparente de la Lune par celle d'un disque métallique de même diamètre. Comme le rayonnement réfléchi couvre entièrement la Terre, l'énergie reçue sera :

$$N = N_S \left[\frac{S}{(S+2L)}\right]^2$$

où N est l'énergie reçue de la Lune en W/c/m².

N_S l'énergie reçue du Soleil sur la Terre ou la Lune en W/c/m².

S la distance Soleil-Terre et L la distance Lune-Terre.

L'énergie N sera très peu différente de l'énergie N_S. Appelons R le coefficient de réflexion apparent pour le champ à 158 mégacycles-seconde. L'énergie reçue sera

$$N_L = N_S R^2 \quad \text{W/c/m}^2.$$

Des mesures faites, on peut conclure que R est de l'ordre de 10 %.

MÉCANIQUE VIBRATOIRE. — *Production et observation de fréquences élevées par combinaison de plusieurs basses fréquences.* Note de M. **Stanislas Dolinski**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Ondes sonores. — Le compositeur Tartini semble avoir été le premier à observer la formation, dans des conditions inexpliquées, de tons dont les fréquences étaient formées par la somme et la différence de deux tons réellements joués. Helmholtz, qui les nomma tons de combinaison, en donna une théorie dans laquelle la loi de Hooke cesse de s'appliquer, la force de rappel de l'organe vibrant n'étant plus proportionnelle à l'élongation. Plus récemment Wegel et Lane (1924), Miss Weinberg et Allen (1924), G. von Békésy (1931) ont aussi étudié ces sons et ils les tiennent tantôt pour subjectifs, tantôt pour objectifs.

Je suis arrivé à produire très simplement les tons de combinaison objectifs de plusieurs manières :

a. Système d'anches. — Une cellule est divisée en trois alvéoles I, II, III; l'alvéole intermédiaire II est très peu volumineuse. Dans les plaques de sépa-

ration peuvent osciller deux anches d'harmonium de fréquences ν_1 et ν_2. On souffle en I et l'on analyse en III les sons obtenus. On trouve les quatre fréquences ν_1, ν_2, $(\nu_1+\nu_2)$, et $|\nu_1-\nu_2|$. La première anche *module* le courant d'air à la fréquence ν_1; le mouvement de la deuxième anche est donc de la forme

$$x = a\cos 2\pi\nu_1 t . \cos 2\pi\nu_2 t$$

ou

$$x = \frac{a}{2}[\cos 2\pi(\nu_1+\nu_2)t + \cos 2\pi(\nu_1-\nu_2)t],$$

d'où les tons $(\nu_1+\nu_2)$ et $|\nu_1-\nu_2|$. Plus le volume de l'alvéole II est petit, plus la transformation de tons primaires en tons *combinés* est nette et plus audibles sont les fréquences $(\nu_1+\nu_2)$ et $|\nu_1-\nu_2|$ par rapport aux fréquences ν_1 et ν_2. Il devient alors évident qu'à l'orgue on entendra les deux tons secondaires, si la chambre à air est trop petite; l'air passant par une anche change la pression dans la chambre tout entière au rythme de la note jouée.

Le procédé décrit s'applique à plusieurs anches et les expériences nous amènent à une nouvelle forme trigonométrique générale :

$$\prod_{i=1}^{i=m}\cos x_i = \frac{1}{2^{n-1}}\sum\cos(x_1 \pm x_2 \pm \ldots \pm x_n),$$

où l'on forme à droite toutes les combinaisons possibles de signes + et —.

Convenablement modifiée, cette méthode nous amène à l'obtention simultanée de multiples fréquences mixtes d'ondes sonores, ultrasonores et même hypersonores, étant donné qu'à l'aide de n sons primaires ce procédé donne un nombre

$$N = \frac{3^n - 1}{2}$$

de sons primaires et secondaires au total.

Parmi d'autres systèmes pour obtenir les hautes fréquences mixtes, il faut énumérer :

b. Le système des sirènes multiples. — Il consiste dans le passage successif d'air par plusieurs paires de disques perforés (fixes et mobiles).

c. Le système des barres sonores ou des diapasons. — Il consiste à obtenir les fréquences mixtes en appuyant très légèrement et simultanément plusieurs barres contre une plaque résonnante.

2. Ondes électromagnétiques. — J'ai réalisé les premières expériences de transformation des basses fréquences électromagnétiques en fréquences plus hautes de la façon suivante :

Deux simples oscillations électriques de fréquences ν_1 et ν_2 attaquent simultanément la grille de la lampe d'entrée d'un amplificateur. A la sortie on arrive à analyser nettement les fréquences $|\nu_1-\nu_2|$ (battement) et $(\nu_1+\nu_2)$

(sommation) outre les fréquences primaires ν_1 et ν_2. Ce phénomène s'explique de la même façon que pour les ondes acoustiques. Il se produit par l'utilisation d'une lampe d'entrée à recul de grille faible et d'un courant de plaque très limité qui suit d'une façon très sensible la modulation appliquée à l'entrée par les oscillateurs; le courant plaque représente, par analogie, une chambre à air insuffisamment grande dans les orgues à vent (intermodulation). Les deux fréquences subissent alors une influence réciproque et nous retrouvons ici le principe de l'hétérodyne sous une autre forme.

J'ai réalisé la même expérience avec trois et quatre oscillateurs dont les fréquences étaient formées comme les puissances du nombre 3, soit $\nu_1 = 1$; $\nu_2 = 3$; $\nu_3 = 9$; $\nu_4 = 27$ et j'ai obtenu nettement toutes les fréquences correspondant aux 40 premiers nombres de la gamme naturelle, soit

$$\begin{array}{rr} \nu_1 = 1, & \nu_3 - \nu_2 - \nu_1 = 5, \\ \nu_2 - \nu_1 = 2, & \nu_3 - \nu_2 = 6, \\ \nu_3 = 3, & \nu_3 - \nu_2 + \nu_1 = 7, \\ \nu_1 + \nu_2 = 4, & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{array}$$

Je cherche actuellement à obtenir les fréquences mixtes élevées, provenant de plusieurs oscillateurs agissant sur la grille à l'entrée d'un amplificateur haute fréquence.

CHALEUR. — *Variation de la température de ramollissement du verre.* Note (*) de M. **Jean Herbert**, présentée par M. Gustave Ribaud.

On a constaté que la température de ramollissement du verre, observée d'après la courbe dilatométrique, différait notablement suivant le traitement thermique imposé à l'éprouvette.

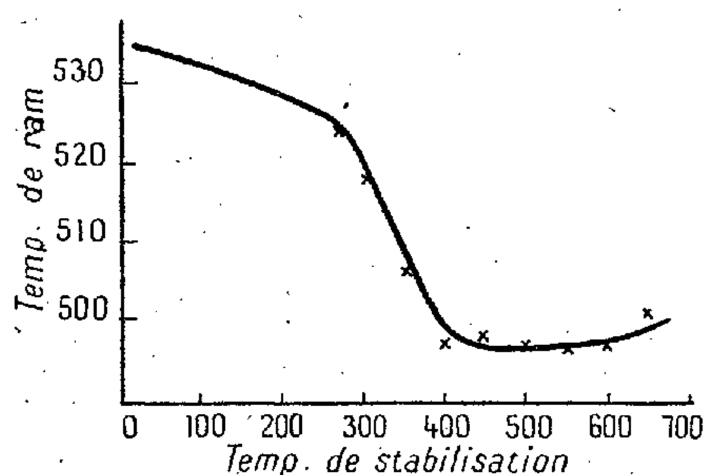
Pour un borosilicate n'ayant subi aucun traitement thermique dont la température de ramollissement est de 550°, on constate qu'après avoir maintenu le verre à cette température pendant 48 heures, sa température de ramollissement s'est élevée à 630°.

La composition chimique de ce verre est très sensiblement la suivante : SiO_2, 66,0; B_2O_3, 24,7; Al_2O_3, 1,6; Na_2O, 6,8; Sb_2O_3, 0,2.

La méthode dilatométrique se prête mal à la mesure de la température de ramollissement qui est influencée par la vitesse d'échauffement, les dimensions de l'éprouvette et la force de rappel de l'appareil. Aussi, nous avons poursuivi notre étude en déterminant la température de ramollissement par une méthode statique (température constante) consistant à repérer la température à laquelle une pointe pénètre dans le verre sous une charge constante. Le rapport d'amplification de l'appareil utilisé était de 250.

(*) Séance du 17 octobre 1949.

Pour observer la modification de la température de ramollissement provoquée par un traitement thermique, un morceau de verre recuit et homogène a été divisé en petits fragments d'environ $4 \times 4 \times 1^{mm}$ et introduits dans un four dont la température uniforme pouvait être maintenue constante.



A des températures fixées d'avance, d'après l'étude de la courbe de dilatation, des fragments de verre étaient extraits et refroidis brusquement. Pour une même température, l'expérience a été poursuivie jusqu'à ce que la température de ramollisement de différents morceaux de verre sortis à divers intervalles de temps, prenne une valeur constante.

Temp. de stabilisation ...	650	600	550	500	450	400	350	300	275	verre recuit
Temp. de ramollissement.	501	497	496	497	498	497	506	518	524	534

Rassemblés dans le tableau ci-dessus, ces résultats montrent comment varie la température de ramollissement en fonction de la température à laquelle le verre a été maintenu. Ces résultats permettent donc d'expliquer l'augmentation de la température de ramollissement observée sur la courbe dilatométrique du verre ayant subi un recuit prolongé. Il est donc nécessaire de définir l'état du verre auquel se rapporte le point de ramollissement déterminé. Le même phénomène a été observé sur des flints ou des crowns traités de la même façon.

ÉLECTRICITÉ. — *Conductibilité électrique des dépôts métalliques très minces à la température de l'hélium liquide.* Note (*) de MM. **Pierre Lainé**, **Boris Vodar**, **Nicolas Mostovetch**, **Marc Barbaron** et **Rudolf Spöndlin**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les mesures sur la conductibilité électrique des dépôts métalliques très minces obtenus par évaporation dans le vide, jusqu'ici limitées à 14°K ([1]), ont été étendues à la température de l'hélium liquide.

(*) Séance du 17 octobre 1949.

([1]) B. Vodar et N. Mostovetch, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 167.

L'hélium a été liquéfié au Laboratoire des basses températures de Bellevue par la méthode de la détente adiabatique; l'appareil utilisé, construit par l'un

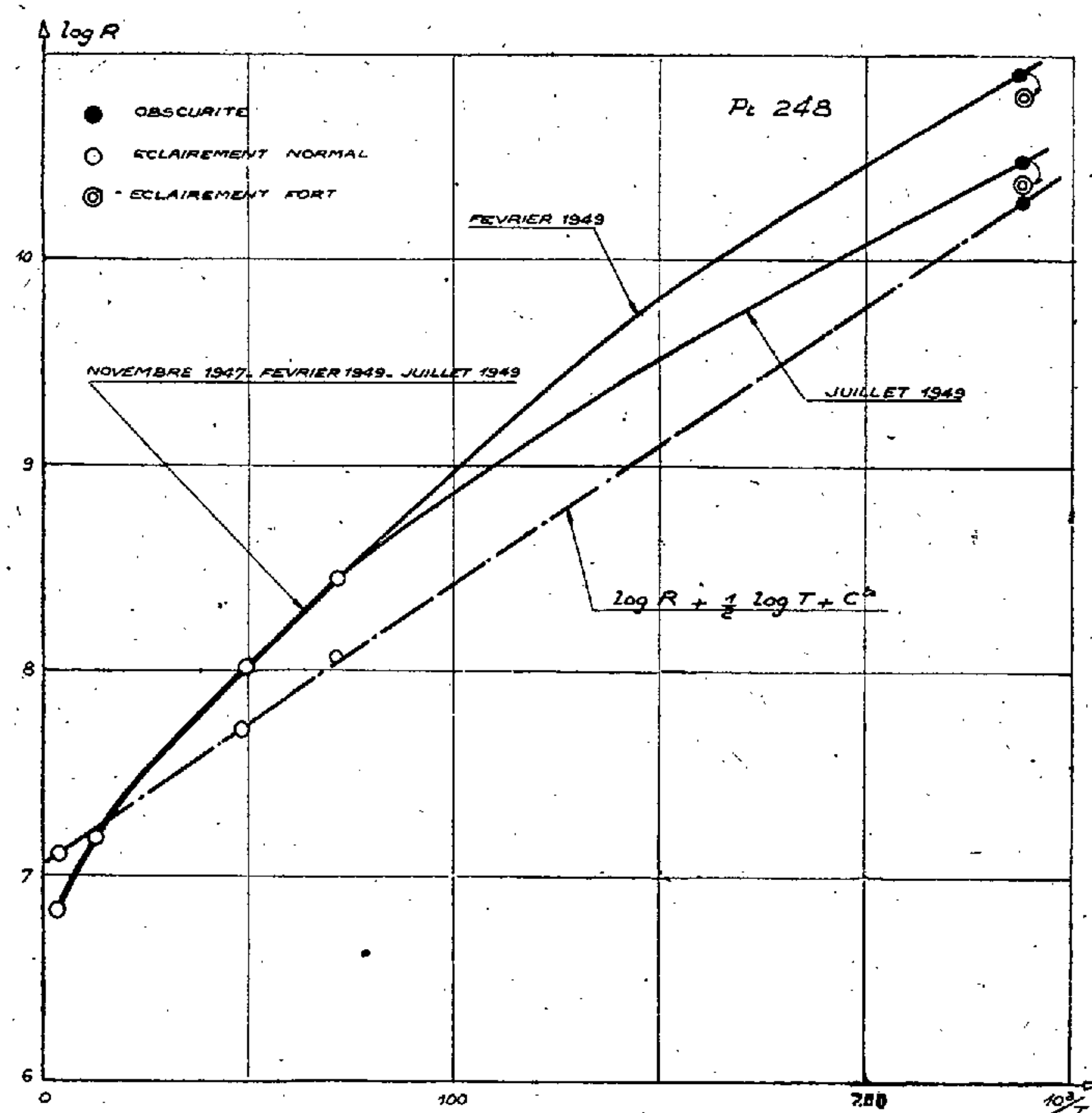


Fig. 1.

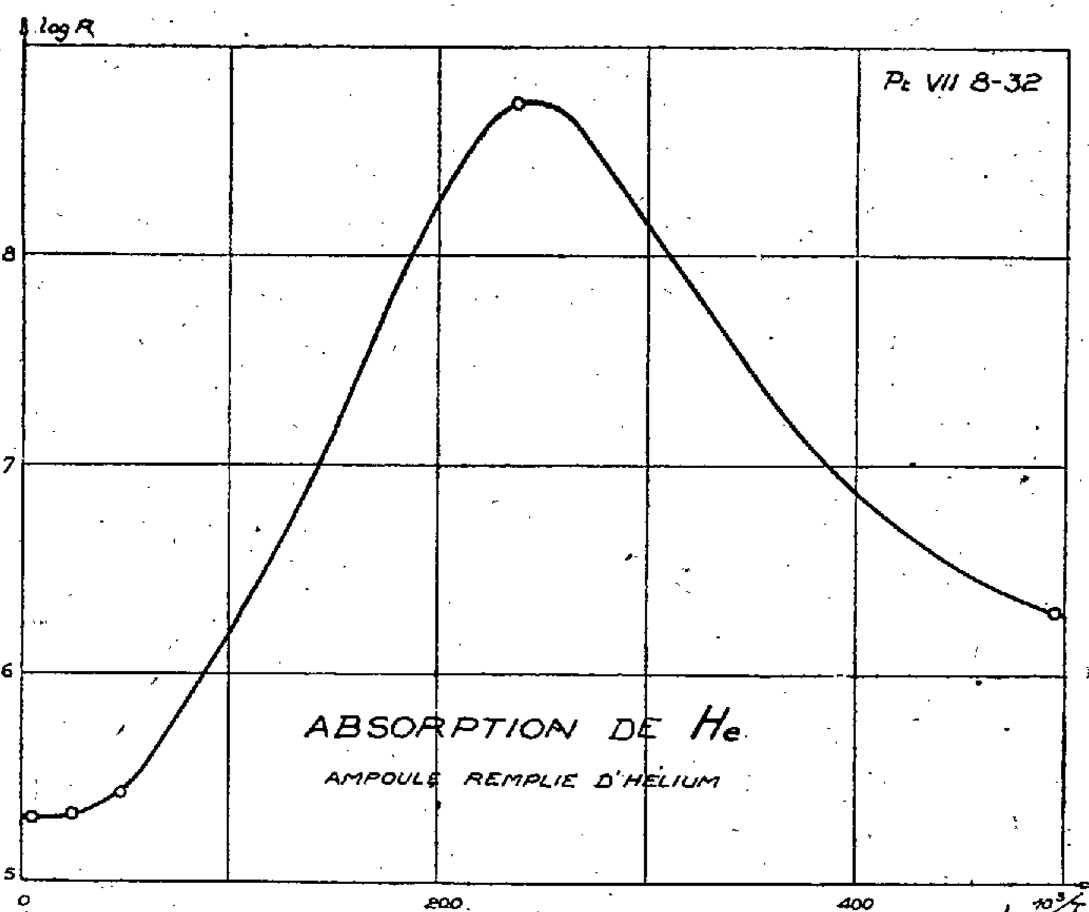


Fig. 2.

de nous, permettait le transvasement du liquide (0¹,5 environ) dans un vase où se trouvaient les résistances (5 en tout mesurées séparément) et où il

pouvait être conservé pendant le temps nécessaire aux mesures (8 heures). Les méthodes de préparation de dépôts étaient les mêmes que précédemment.

Le fait important observé aux températures de l'hélium est que la valeur de la résistance dépend énormément du potentiel appliqué. Ces écarts à la loi d'Ohm, généralement indécelables à la température ordinaire, se font déjà sentir aux températures de l'hydrogène, mais ils ne gênent pas encore les mesures. Comme ils dépendent beaucoup de la nature de la couche, nous réservons leur description pour une publication ultérieure. Il suffit de dire ici qu'avec des potentiels de 0,1 à 0,01 V, même à 4,2°K, on peut quand même obtenir une valeur limite bien définie de la résistance.

Cela a été possible pour trois des résistances étudiées. Pour deux d'entre elles, la loi

$$R = AT^{-\frac{1}{2}} e^{\frac{B}{T}} \qquad (1)$$

donne, à 4,2°K, l'ordre de grandeur correct de R. Pour la troisième, l'écart est considérable; cela est dû vraisemblablement à l'effet de la non-uniformité de la couche. La figure 1 est relative à une couche de Pt sur tige de verre, exposée à l'air, puis vidée et scellée; elle obéit à la relation (1) (courbe supérieure). La courbe inférieure de cette figure a été faite après un séjour prolongé dans He liquide; elle montre l'effet de l'adsorption de ce gaz qui a pénétré à travers le verre borosilicaté. Un effet, analogue mais beaucoup plus marqué, est visible sur la figure 2 pour une résistance avec remplissage d'hélium; le maximum constaté est dû aux actions opposées de l'adsorption [2] et de la température [3], [4].

Vers 4,2°K la résistance de la figure 1 varie de 500 % par degré. Elle constitue donc un thermomètre sensible à $\pm 10^{-4}$ °K vers 4,2°K, à condition qu'on évite la diffusion de He à travers l'enveloppe. D'autre part, nous avons vérifié (à 14°K) que nos résistances sont insensibles au champ magnétique. Un de leur avantage est de pouvoir être en contact intime avec la paroi dont on mesure la température. Les écarts à la loi d'Ohm ne sont pas gênants pour les mesures relatives; si, en outre, on opère dans les conditions où cette loi est vérifiée, on peut se demander si la relation (1) ne serait pas susceptible d'être extrapolée dans le domaine des températures extrêmement basses atteintes par désaimantation adiabatique et de servir, dans ce domaine, à la mesure des températures absolues.

La figure 1 donne l'effet des radiations reçues par une des résistances au

(2) N. Mostovetch, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1702.

(3) N. Mostovetch, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1850.

(4) La courbe de la figure 2 n'étant déterminée que par un petit nombre de points expérimentaux, sa forme exacte est évidemment inconnue.

travers de deux vases de Dewar, lorsqu'on allume une lampe de 75 W située à 1m; il indique la remarquable sensibilité bolométrique qu'on pourrait obtenir par une réalisation appropriée $(1/R).(\Delta R/\Delta T) = 2000\,\%$ par degré au voisinage de 2°K, pour l'une des résistances étudiées.

MAGNÉTISME. — *Le champ coercitif des poudres ferromagnétiques.* Note de M. **Charles Guillaud**, présentée par M. Aimé Cotton.

Au cours de mes travaux j'ai constaté que des corps ferromagnétiques très finement divisés pouvaient présenter des propriétés d'aimant très différentes de celles que l'on observait sur ces mêmes métaux ou alliages massifs. Pour la première fois, j'ai mis en évidence des champs coercitifs (H_c) dépassant 10 000 OE. Dans une série de publications (1), (2), (3), (4), (5), (6), j'ai établi que la condition nécessaire pour l'obtention de ce champ coercitif particulier était l'état très finement divisé du ferromagnétique et que l'un des facteurs qui déterminait la valeur de H_c était l'énergie magnétocristalline. J'ai également montré que le maximum de champ coercitif était obtenu par des particules ne possédant qu'un seul domaine élémentaire.

On établit facilement que le champ coercitif d'une particule *monodomaine* est donné par la relation connue $H_c = 2K_1/I_s$, K_1 étant le premier terme angulaire de l'énergie magnétocristalline et I_s l'intensité d'aimantation à saturation. Dans le cas de grains constitués d'un très petit nombre de domaines on a encore une relation de la forme $H_c = a(K_1/I_s)$ (1) avec $a < 2$.

L'étude de l'alliage manganèse-bismuth avait bien montré le parallélisme existant entre le champ coercitif (H_c) et l'énergie magnétocristalline (F_K).

J'apporte une preuve supplémentaire à ce mécanisme, qui ne pouvait d'ailleurs être mis en doute à la suite de l'étude précédente. Il s'agit de l'alliage Mn_2Sb qui, préparé en monocristaux, a été ensuite réduit en grains très fins.

L'alliage Mn_2Sb se prête remarquablement à cette étude de l'interdépendance entre le champ coercitif et l'énergie magnétocristalline. En effet, pour cet alliage, cette énergie décroît quand la température s'abaisse et s'annule à — 33° C, d'où les possibilités de vérifications.

---

(1) Brevet français : n° 449 632, 2 août 1939.

(2) Pli cacheté déposé à l'Académie des Sciences, n° 11 887, 8 mars 1943. *Mécanisme du champ coercitif et du magnétisme rémanant de la poudre* MnBi. *Généralisation.*

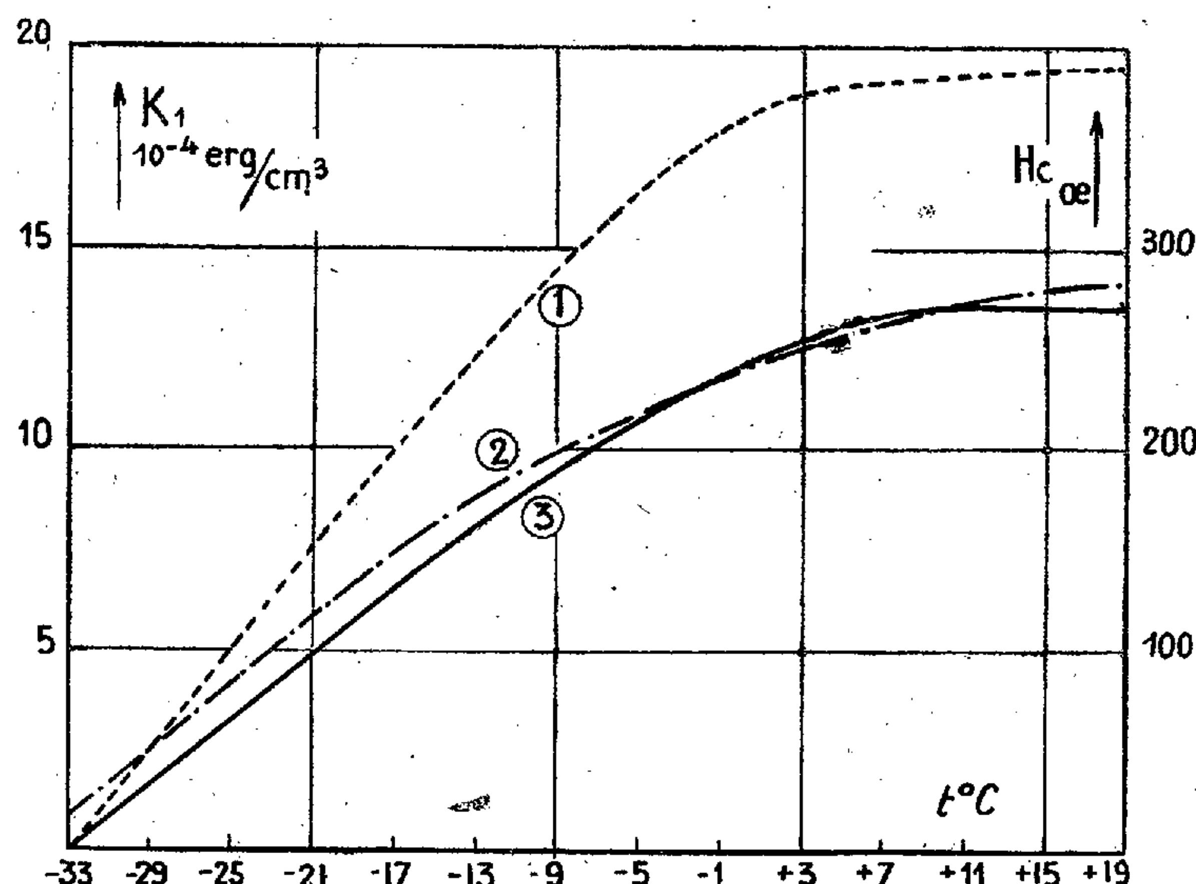
(3) *Thèse*, Strasbourg, 1943.

(4) *Cahiers de Physique*, 1943, p. 15-65.

(5) Séance du 31 mai 1947 de la *Société française de Physique*, groupe de Strasbourg; *Journal de Physique*, 34 S, série 8, VIII, n° 10, 1947.

(6) *Journal des Recherches C. N. R. S.*, n° 9, 1949, p. 1.

Les courbes (1) et (2) traduisent les valeurs de K_1(1) et de H_c(2) en fonction de la température, ce sont des données expérimentales. Pour la courbe (3) $H_c = f(T)$ les valeurs de H_c ont été calculées d'après la rela-



tion (1), le coefficient a ayant été déterminé d'après la valeur expérimentale de H_c à la température ordinaire.

A — 34° C, on trouve $H_c = 16$ Œ alors que $K_1 = 0$. Ce champ coercitif, qui n'a pas une origine magnétocristalline, est dû aux inégalités du champ démagnétisant de forme et aux tensions internes; à la précision de nos mesures il doit rester pratiquement indépendant de la température.

Compte tenu de cette observation et des erreurs expérimentales dans les mesures difficiles de K_1 et de I_s, les courbes (1) et (2) apportent donc une preuve supplémentaire à cette interdépendance entre H_c et K_1.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur le fonctionnement dynamique du transducteur série à aimantation naturelle.* Note (*) de MM. **Michel Delattre** et **Kurt Kühnert**, présentée par M. Louis de Broglie.

Une modification du courant de commande d'un transducteur provoque le passage d'un état stationnaire à un autre état stationnaire, mais ce passage ne s'effectue pas instantanément et un régime transitoire prend naissance.

Par ailleurs on sait que pour un transducteur donné, le courant alternatif et le courant continu sont liés par une équation qui dépend uniquement de la

(*) Séance du 10 octobre 1949.

courbe d'aimantation du matériau utilisé. Il suffit donc d'étudier le régime transitoire du courant continu pour connaître le régime transitoire du courant alternatif. Or, le courant continu i_c est lié par une relation donnée au flux moyen Φ_c dans le noyau

$$\Phi_c = f(i_c).$$

Pour étudier le régime transitoire, il faut donc résoudre l'équation

$$u_c = r_c i_c + n_c \frac{d f(i_c)}{dt},$$

n_c étant le nombre de spires de l'enroulement continu.

On peut obtenir aisément une relation $i_c = g(\Phi_c)$, mais c'est une relation transcendante et discontinue qui ne permet pas d'expliciter Φ_c en fonction de i_c. Il faut donc déterminer les limites de discontinuité et résoudre graphiquement le problème.

Soient : Φ_s la valeur du flux marquant le coude de saturation du noyau, Φ_{max} l'amplitude du flux alternatif superposé au flux continu Φ_c dans chaque noyau.

Tant que l'on a : $\Phi_c \leqq \Phi_s - \Phi_{max}$, la relation entre Φ_c et i_c est linéaire et la résolution de l'équation différentielle est immédiate.

En effet, nous avons $\Phi_c = k_1 n_c i_c$; en posant

$$\tau_r = \frac{k_1 n_c^2}{r_c} 10^{-8},$$

on trouve pour une tension de signal u_c donnée

$$i_c = \frac{u_c}{r_c}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_r}}\right).$$

Mais tant que Φ_c est inférieur à $\Phi_s - \Phi_{max}$, le courant alternatif ne se modifie pas. Par conséquent le temps

$$t_r = \tau_r \operatorname{Log} \frac{u_c}{u_c - \frac{\Phi_s}{k_1 n_c} r_c \left(1 - \frac{\Phi_{max}}{\Phi_s}\right)}$$

mis par le flux Φ_c pour passer de la valeur o à la valeur $\Phi_s - \Phi_{max}$ est un véritable temps de retard que l'on peut diminuer en agissant sur τ_r et Φ_{max}, et même annuler en faisant $\Phi_{max} = \Phi_s$ (lorsque Φ_s est bien défini) ou en donnant une prémagnétisation $\Phi_s - \Phi_{max}$ au circuit magnétique.

A partir du moment où l'on a $\Phi_c > \Phi_s - \Phi_{max}$, la relation entre Φ_c et i_c n'est plus linéaire, mais on peut représenter graphiquement et en valeurs relatives $i_c = g(\Phi_c)$. On peut alors remplacer la courbe obtenue par une courbe approchée représentant une fonction simple

$$\Phi_c = \varphi(i_c).$$

Pratiquement on peut prendre une fonction parabolique sans faire erreur notable.

En appelant u'_c la valeur de la tension continue qui permet de passer du flux $\Phi_c = \Phi_s - \Phi_{max}$ au flux Φ_c correspondant au régime stable et en posant

$$i'_c = \frac{u'_c}{r_c} \quad \text{et} \quad \tau = \frac{\lambda}{2\sqrt{u'_c r'_c}},$$

on trouve

$$i'_c = \frac{u'_c}{r_c}\left[\frac{e^{\frac{t}{\tau}} - 1}{e^{\frac{t}{\tau}} + 1}\right]^2;$$

λ est une constante qui dépend des dimensions et de la nature du circuit magnétique ainsi que de Φ_{max}.

Ces relations permettent une étude détaillée du régime transitoire et mettent en valeur les différents facteurs sur lesquels on peut agir pour réduire le temps de réponse du transducteur.

On trouve ainsi que dans certaines conditions idéales on peut obtenir un temps de réponse théoriquement nul.

On montre aussi que le temps de réponse dépend dans une large mesure de la valeur absolue du signal appliqué à l'entrée.

PHOTOGRAPHIE. — *Photographies infrarouges sous le doublet* 8183-8194 *des lampes à vapeur de sodium.* Note (*) de MM. **Maurice Déribéré** et **Jean Porchez**, présentée par M. Aimé Cotton.

On sait que la photographie de documents en lumière monochromatique du sodium donne des résultats particulièrement intéressants en mettant en relief des différences de réflexion peu marquées et, surtout, en éliminant complètement toute aberration chromatique ([1]). Ceci vient de ce que la lumière agissante se trouve uniquement concentrée sur une étroite bande (doublet 5890-5896 Å) au lieu d'être répartie sur la partie du spectre pour laquelle l'émulsion est sensible et où la mise au point ne peut être parfaitement établie en concordance puisque celle-ci n'est pas la même, par exemple, pour le violet et le bleu et pour le jaune ou le rouge.

La photographie en lumière du sodium se fait sur émulsion panchromatique, sans filtre.

La photographie infrarouge peut profiter des mêmes avantages par l'utilisation des mêmes sources à décharge.

(*) Séance du 17 octobre 1949.

([1]) M. Déribéré, *Bull. Soc. Franç. Phot.*, **3**, mars 1949.

La lampe à vapeur de sodium, en effet, outre le doublet jaune de résonance 5890-5896 Å, donne un autre fort doublet similaire à 8183-8194 Å invisible puisque situé dans l'infrarouge, mais porteur d'une énergie équivalente ([2]). Ce doublet n'intervient pas dans la photographie sur émulsion panchromatique, car ces émulsions ne sont plus sensibles à cette zone, mais si nous utilisons une émulsion spécialement sensibilisée pour l'infrarouge, nous voyons que nous pouvons obtenir sans difficulté des photographies infrarouges sous éclairage par la lampe à vapeur de sodium.

Nous retrouverons le même intérêt que précédemment, en ce sens que nous travaillerons sur une bande spectrale étroite constituée par les raies 8183-8194 Å, sous réserve, bien entendu, d'éliminer l'action du doublet jaune.

Pour cela, il suffit d'utiliser un filtre infrarouge ou même simplement un filtre rouge ordinaire.

La zone active isolée est très sélective, car le fond constitué par les nombreuses raies rouges et infrarouges du néon associé pour l'amorçage de ces lampes est pratiquement négligeable par rapport à l'énergie fournie sur le doublet 8183-8194Å.

Les émulsions classiques commerciales dont le maximum de sensibilité se place vers 8000 à 8500 Å conviennent parfaitement.

Nous avons, à titre expérimental, réalisé des photographies de documents et d'organes biologiques sur des plaques infrarouges (infraguil, filtre 7 200) avec éclairage par incandescence (lampe Flood 250 W à 3 000° K de température de filament) d'une part, et avec éclairage par lampe à vapeur de sodium (lampe S. I. 1 000 de 140 W). La comparaison au point de vue de la netteté des images est nettement à l'avantage de la seconde solution.

Des photographies de systèmes veineux par exemple, montrant des veines plus sombres sur le bras blanc, ont donné des rapports de contrastes de 20 à 45 % d'absorption du négatif dans le premier cas, à 20 à 75 % dans le second cas, ce qui se traduit par des images positives où le système veineux apparaît très nettement mieux en image sélective sur raies du sodium que sur les images infrarouges habituelles.

Les temps de pose sont comparativement les mêmes, à énergie égale aux bornes des lampes, pour une même émulsion et un même filtre. La mise au point doit être faite sur la raie 8 190 Å. Pratiquement il suffit de faire la mise au point sur le doublet jaune visible et de décaler la focale de l'objectif par une augmentation de sa longueur de 1/200.

([2]) W. F. Meggers, *B. Bur. Standard*, 14, 1918, p. 371.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Les différents types de trajectoires de particules chargées dans les champs magnétiques inhomogènes à symétrie de révolution.* Note (*) de M. **Joseph Lafoucrière**, présentée par M. Louis de Broglie.

La théorie des enroulements de particules β en trochoïdes mise au point en 1933 par J. Thibaud ([1]) et L. Cartan ([2]) supposait que la variation du champ magnétique entre les deux limites extrêmes des enroulements pouvait être considérée comme linéaire. La formule donnée par ces auteurs pour calculer la précession : $\delta = \pi r(\Delta H/H)$ (où H représente le champ au centre de l'orbite élémentaire et r le rayon d'enroulement dans ce même champ) n'est valable que lorsque $\Delta H/H$ est au plus de l'ordre de quelques centièmes et ne saurait s'appliquer aux trajectoires des rayons β de grande énergie.

Une théorie plus générale de cette méthode de concentration particulaire conduit à adopter pour l'équation des trajectoires dans le plan de symétrie de l'entrefer (en adoptant les coordonnées polaires r et φ dans ce plan), l'expression :

$$\varphi = \int_{r_0}^{r} \frac{r_0 \cos\alpha + \dfrac{r_0 A_0}{\rho H} - \dfrac{rA}{\rho H}}{r\sqrt{r^2 - \left[r_0 \cos\alpha + \dfrac{r_0 A_0}{\rho H} - \dfrac{rA}{\rho H}\right]^2}}\, dr,$$

où r représente la position du corpuscule à l'instant initial (position de la source), α l'angle d'émission, ρH le produit relativiste mv_0/c et A le potentiel-vecteur dont dérive le champ magnétique.

Si ce champ est tel que la fonction $r\text{H}(r)$ soit décroissante avec r (champ présentant un fort gradient), le calcul qui sera développé dans un autre recueil montre que trois types de trajectoires sont possibles pour la particule considérée :

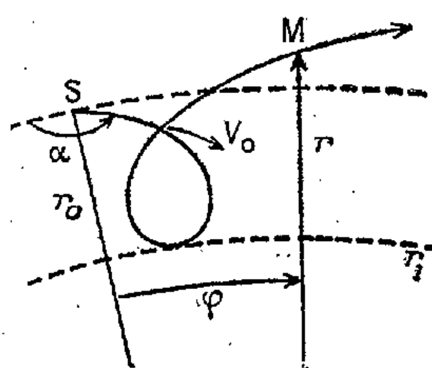


Fig. 1.

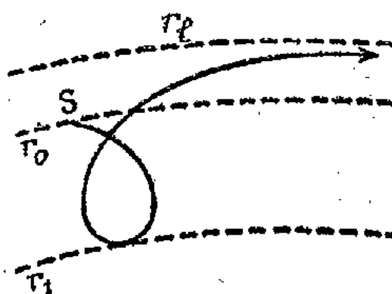


Fig. 2.

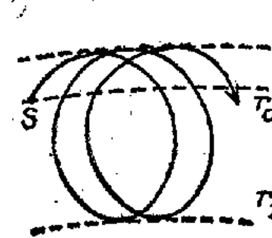


Fig. 3.

1° Si la fonction à intégrer admet un seul pôle réel d'ordre un, l'intégrale diverge lorsque r croît indéfiniment et le corpuscule décrit une trajectoire

(*) Séance du 10 octobre 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 447; *Nuovo Cimento*, 197, 1938, p. 433.

([2]) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1604.

apériodique s'éloignant de plus en plus du pourtour polaire (*fig.* 1). Ce cas correspond aux corpuscules de grande énergie.

2° Dans le cas particulier où, pour des valeurs données de r_0 et de ρH, l'angle d'émission est tel que la fonction présente un pôle réel d'ordre deux r_l, l'intégrale diverge et la trajectoire est asymptote au cercle $r = r_l$. On peut montrer que ce cercle constitue l'orbite stationnaire de la particule dans le champ considéré (*fig.* 2).

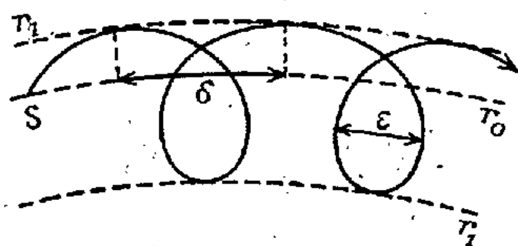


Fig. 4.

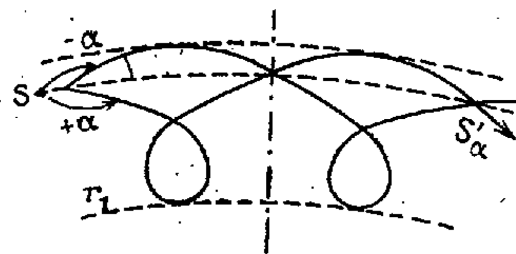


Fig. 5.

3° Enfin des trajectoires trochoïdales se présentent si la fonction admet deux pôles réels r_1 et r_2. L'intégrale convergeant pour ces valeurs, la courbe décrite par le corpuscule est située entre les deux cercles $r = r_1$ et $r = r_2$. Les particules β de moindre énergie décriront ces trochoïdes.

Les formes de ces courbes varient lorsque le champ est modifié. Une diminution de l'intensité favorise l'apparition de branches infinies et l'orbite stationnaire tend vers $r = r_0$. A ce moment n'existent que des trajectoires apériodiques et il ne peut y avoir focalisation sur l'orbite stationnaire, comme l'ont montré Svartholm et K. Siegbahn (³).

Dans le cas contraire des trajectoires périodiques, deux grandeurs fondamentales caractérisent les enroulements, d'une part la précession δ correspondant à un cycle complet de la variable r et d'autre part la largeur ε de la boucle. Ces deux quantités varient avec α et ρH pour une position donnée de la source. Deux circonstances peuvent alors se produire : pour les corpuscules de très faible vitesse initiale on a toujours $\delta < \varepsilon$, les trochoïdes présentent alors des boucles successives qui se recoupent (*fig.* 3), tandis que pour les énergies plus grandes, on a toujours $\delta > \varepsilon$, les boucles successives ne se recoupent pas (*fig.* 4).

La théorie de Thibaud et Cartan s'appliquait aux trochoïdes du premier cas.

Enfin, en considérant la variation de la précession δ avec l'angle d'émission α, on remarque que puisque cet angle intervient par son cosinus, des corpuscules émis sous des angles opposés $+\alpha$ et $-\alpha$ auront la même précession. Il va donc exister une succession d'images électroniques de S réparties sur le cercle $r = r_0$ et se situant à des distances angulaires $\delta, 2\delta, \ldots, n\delta, \ldots$. Comme le cosinus est stationnaire autour des valeurs zéro et π, la précession sera du

(³) *Ark. Mat. Fys. Sverige*, 33, 1947, n° 4, A.

second ordre par rapport à α au voisinage de ces angles, c'est-à-dire pour des directions correspondant au tir tangentiel.

Un phénomène de focalisation, bien différent de la focalisation radiale prévue par Svartholm et Siegbahn, apparaît donc dans ces conditions sur le cercle $r = r_0$ passant par la source. Nous y reviendrons prochainement.

RADIOACTIVITÉ. — *Complexité du rayonnement α du protactinium.* Note de MM. **Salomon Rosenblum, Eugène Cotton** et **Georges Bouissières**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans une Note précédente ([1]) ont été donnés les premiers résultats obtenus avec le spectrographe du Grand Aimant Permanent en utilisant la méthode de comptage des traces individuelles dans les émulsions photographiques sur le rayonnement α du protactinium.

La source utilisée était relativement épaisse, la méthode de comptage n'était pas encore tout à fait au point et la présence sur le cliché le mieux étudié de la raie du polonium introduisait un fond continu qui augmentait les erreurs. Aussi les premiers résultats publiés dans notre Note demandaient, comme nous l'avions signalé, à être vérifiés.

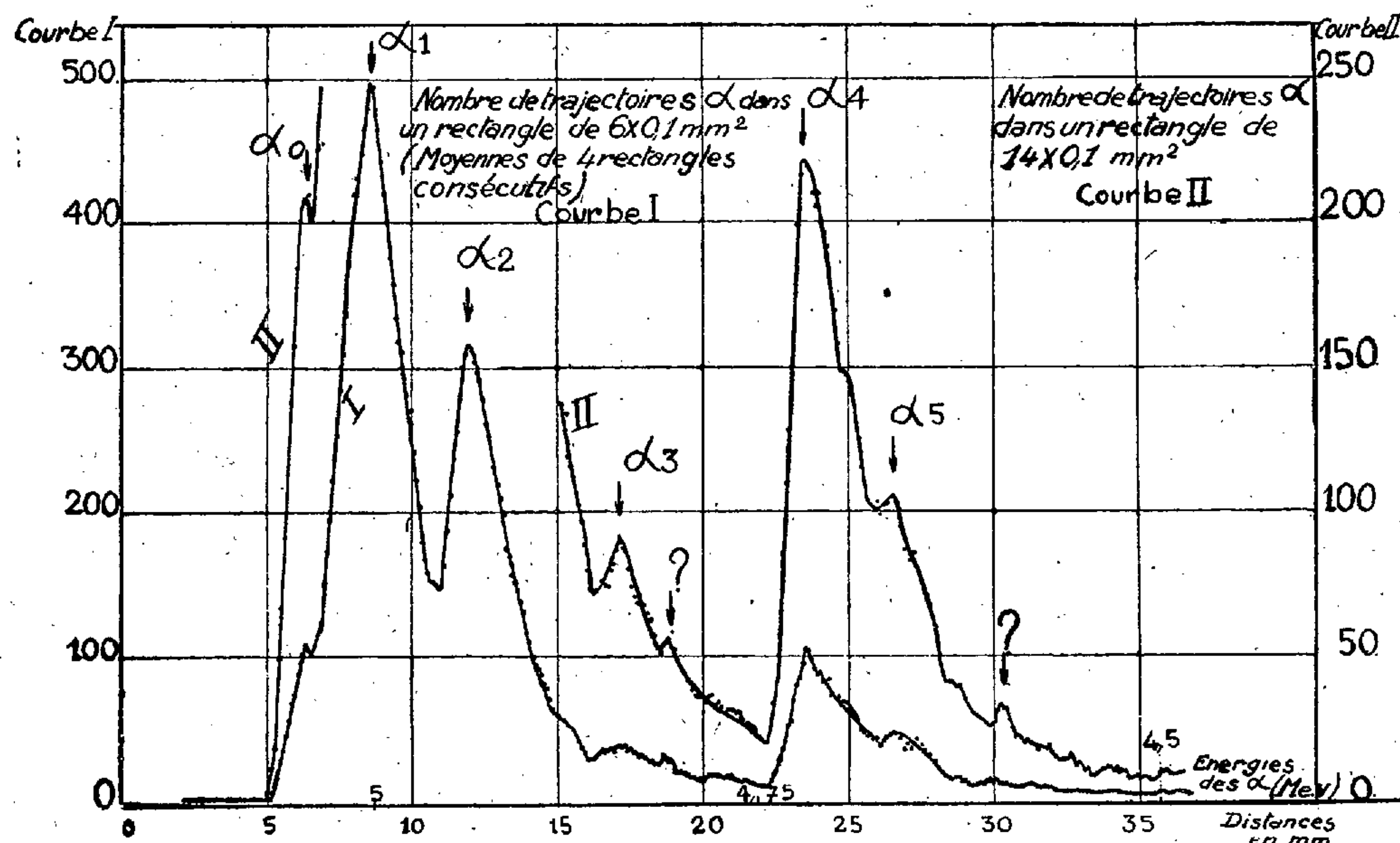
Nous avons repris l'étude du spectre α du Pa en utilisant cette fois comme source de rayonnement un dépôt spontané de Pa sur Zn, préparé selon une technique établie par Mme M. Camarcat, M. Haïssinsky et l'un de nous ([2]). La tranche soigneusement polie d'une lame de zinc dont les faces étaient protégées par deux lamelles de plexiglass a été immergée pendant 30 secondes dans une solution fluorhydrique de Pa de $p_{\rm H} = 1,76$. D'après la mesure de l'activité α du dépôt obtenu, la densité superficielle du Pa était d'environ 12.10^{-3} mg/cm^2.

Différentes poses ont été effectuées d'une durée de l'ordre de 15 jours chacune. La faible densité superficielle du dépôt permettait d'obtenir des raies plus fines que lors de nos premières expériences. Les résultats du comptage effectué sur la meilleure de nos plaques sont résumés par les courbes reproduites sur la figure jointe et représentant les variations de la densité des traces en fonction de l'énergie des particules α. Ces courbes montrent nettement la répartition des particules émises en six groupes principaux. La complexité du spectre peut être plus grande. Nous signalons seulement les groupes les plus certains qui donnent l'essentiel du schéma des niveaux. De nouveaux progrès pourraient résulter d'une meilleure connaissance des rayonnements γ du Pa, certains de nos groupes α pourraient alors être réétudiés en utilisant des sources

([1]) S. Rosenblum et E. Cotton, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 171.

([2]) Mme M. Camarcat, MM. G. Bouissières et M. Haïssinsky, *Journ. Chimie-Physique*, 46, 1949, p. 153.

comportant encore moins de matière. Le groupe α_0 n'avait pas été signalé dans notre premier travail ; son intensité est plus faible que celle du groupe α_1, mais son énergie est plus grande.



Les intensités des différents groupes ont été obtenues par décomposition de la courbe globale. Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Nom des groupes.	Correspondance avec les raies signalées dans la Note ([1]).	Énergies des α KeV.	Énergies de désintégration KeV.	Différences avec α_0.	Différences avec α_1.	Intensités relatives %.	γ.
α_0	—	5,042	5,131	0	— 40	11	44 ([4])
α_1	α_0	5,002	5,091	40	0	47	
α_2	α_3	4,938	5,024	107	67	25	67 ([4])
α_3	α_5	4,838	4,923	208	168	3	
α_4	α_{10}	4,720	4,802	329	289	11	323 ([3])
α_5	α_{13}	4,660	4,740	391	351	1 à 3	

Les intensités des groupes α_3 et surtout α_5 ne sont pas définies avec grande précision.

Les groupes α_1, α_2 et α_4 sont nettement visibles à l'œil nu.

Le rapport des intensités $(\alpha_4 + \alpha_5)/(\alpha_0 + \alpha_1 + \alpha_2)$ serait de 15 % environ.

La correspondance avec certains des γ résultant de l'interprétation des groupes d'électrons de conversion signalés par L. Meitner ([3]) et J. Teillac ([4])

([3]) *Zeits. für Physik*, **50**, 1928, p. 15.
([4]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 650.

est indiquée sur le tableau. L'un de nous publiera une discussion détaillée de nos résultats en tenant compte de la connaissance actuelle du rayonnement γ.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Polymérisation par les rayons* γ (II).

Note de M. **Adolphe Chapiro**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Poursuivant nos recherches sur l'effet de l'addition de divers diluants, sur la polymérisation du styrolène par les rayons γ, nous avons étendu nos expériences au domaine des solutions très diluées. Nous avons signalé dans une Note précédente [1] que, lorsqu'on ajoute un diluant au styrolène, on observe en général un accroissement de la vitesse de polymérisation. Dans tous les cas étudiés, la vitesse de polymérisation croît d'abord avec la dilution jusqu'à une concentration de 25^{mol} de diluant, pour 75^{mol} de styrolène environ. Deux cas peuvent se présenter pour les dilutions plus élevées :

1° Si le polymère formé est soluble dans la solution, la vitesse reste sensiblement constante dans un domaine de dilution allant de 25 % à environ 80 %. Puis pour des dilutions encore plus grandes, la vitesse décroît rapidement et tend vers zéro (les dilutions sont exprimées en mol % de diluant). Parmi les composés étudiés, on peut citer par ordre d'*efficacité* croissante sur l'accélération de polymérisation : le benzène, l'éther, l'acétone et le tétrachlorure de carbone. Dans le cas de l'acétone le polymère devient insoluble dans les solutions très diluées (90 % d'acétone), mais cela ne semble pas perturber l'aspect général de la courbe.

Le cyclohexane se comporte différemment; la vitesse croît continuellement avec la dilution jusqu'à 92 % de cyclohexane, puis tombe rapidement vers zéro. Dans tous les cas la viscosité intrinsèque du polymère formé décroît régulièrement avec la dilution.

2° Si le polymère formé est insoluble dans la solution initiale, la polymérisation est perturbée par la précipitation. Ce phénomène s'observe en particulier avec les alcools. Au lieu de rester constante dans un large domaine de concentrations, la vitesse de polymérisation passe par un maximum pour 25 à 30 % d'alcool. (Ces concentrations sont légèrement inférieures au point de précipitation du polymère.) Puis la vitesse décroît, et passe par un minimum pour des concentrations variables suivant l'alcool utilisé (75 % pour le méthanol, 70 % pour le propanol, 65 % pour le butanol). Ensuite, si l'on augmente la dilution, la vitesse croît à nouveau très fortement et atteint 15 à 20 fois la vitesse de polymérisation du styrolène pur, pour des concentrations voisines de 90 à 95 % en alcool. Enfin pour des dilutions encore plus grandes la vitesse décroît brusquement et tend vers zéro.

---

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1490.

Cet accroissement de la vitesse de polymérisation dans les solutions très diluées n'est probablement pas dû aux phénomènes radio-chimiques mais provient d'une modification profonde de la structure du milieu. Il est en effet accompagné d'une modification de l'aspect du polymère : aux concentrations voisines du point de précipitation (concentrations en alcool supérieures à 40 %) le polymère formé se sépare de la solution, et forme un coacervat, qui se rassemble au fond de l'ampoule. Quand la dilution augmente, ce coacervat devient de plus en plus visqueux. A la concentration où apparaît l'accélération décrite plus haut, le coacervat est extrêmement rigide et n'est presque pas gonflé de monomère. Pour des solutions encore plus diluées (90 % de méthanol, 80 % de butanol) le polymère se sépare en poudre dont les grains s'agglomèrent d'abord et forment une pellicule continue sur les parois de l'ampoule, puis, pour des dilutions encore plus grandes (95 % de méthanol, 90 % de propanol et de butanol), le polymère se dépose sous forme d'une poudre très fine dont les grains ne s'accollent plus. En même temps la vitesse de polymérisation cesse d'être proportionnelle au temps et devient sensiblement proportionnelle au carré du temps (à partir de 85 % environ de méthanol, 80 % de propanol et 70 % de butanol). Comme on le voit ces phénomènes apparaissent à des concentrations en alcool de plus en plus grandes, quand on passe du butanol au méthanol. La viscosité intrinsèque du polymère décroît d'abord avec la dilution comme dans le cas des solvants, mais elle croît ensuite brusquement pour les concentrations où apparaît l'augmentation de la vitesse de polymérisation, et elle dépasse pour ces concentrations la viscosité intrinsèque du polystyrolène polymérisé sans diluant. Enfin dans ces mêmes solutions apparaît le phénomène de post-polymérisation, c'est-à-dire que la polymérisation se poursuit à l'obscurité pendant 3 à 4 jours après l'arrêt de l'irradiation, avec une vitesse qui décroît avec le temps. Cette post-polymérisation est particulièrement importante dans le cas où le polymère forme une pellicule continue sur les parois de l'ampoule. Dans ce cas nous avons constaté en outre que, la masse moléculaire moyenne en nombre, d'un échantillon polymérisé dans une solution à 90 % de méthanol, passe de 430 000 à 840 000 si, au lieu d'ouvrir l'ampoule immédiatement après arrêt de l'irradiation, on la laisse reposer pendant plusieurs jours.

Des observations analogues ont été faites par Melville (2), Medvedev et collaborateurs (3) et Bagdassarian (4). Ces derniers auteurs admettent que les chaînes croissantes sont englobées dans la masse du polymère et que dans ce cas la vitesse de terminaison par interaction des deux bouts de chaînes croissantes

(2) *Proc. Roy. Soc.*, 163, A, 1937, p. 511.

(3) Medvedev, Korizkaya et Aleksejeva, *Zh. fiz. Khim. U. R. S. S.*, 17, 1943, p. 391.

(4) *Zh. fiz. Khim. U. R. S. S.*, 22, 1948, p. 1181.

est contrôlée par diffusion dans un milieu très visqueux. La terminaison se trouve donc fortement ralentie et cela expliquerait en particulier la plupart des phénomènes observés par nous dans les solutions très diluées dans les alcools.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Phénomènes periodiques dans la corrosion des métaux par les vapeurs*. Note (*) de M. **René Dubrisay**, présentée par M. Marcel Delépine.

En plaçant un fragment d'iode sur une lame d'argent, Fizeau avait observé la formation d'une série d'anneaux colorés concentriques ([1]). J'ai pu reproduire ce phénomène par un dispositif différent en perçant d'un petit trou la lame métallique et en la plaçant sur une éprouvette contenant des fragments d'iode solide ([2]). J'avais supposé que la vapeur d'iode venait, par effet Reboul ([3]) se condenser sur l'argent aux points de plus forte courbure, c'est-à-dire sur les bords du trou. Chacun des points du périmètre de ce trou se comporterait alors comme le fragment d'iode dans le dispositif de Fizeau. Il donnerait, s'il était seul, une série d'anneaux colorés. Les figures observées seraient alors, en somme, l'enveloppe des cercles limitant ces anneaux (construction de Huyghens).

En raison des applications possibles de ce phénomène en divers domaines, j'ai cru intéressant d'en reprendre l'étude; j'ai tout d'abord observé en lumière monochromatique (lumière du sodium) les anneaux formés, et j'en ai mesuré le diamètre au bout de temps variables. L'application des formules classiques permet d'exprimer par la formule $e = \mathrm{K}p\lambda$ l'épaisseur de la couche d'iodure formée en un temps donné, et à une distance donnée du centre. Dans cette formule, λ désigne la longueur d'onde de la lumière du sodium, p l'ordre de l'anneau et K une constante qui dépend uniquement de l'indice de réfraction de l'iodure pour la radiation utilisée.

Au moyen des valeurs trouvées, on peut tracer des courbes qui, pour une valeur donnée de la distance du centre, donnent en fonction du temps (porté en abscisses) l'épaisseur de la couche d'iodure formée [évaluée en longueur d'onde et portée en ordonnées (*fig* 1)].

Le mécanisme du phénomène est évidemment complexe : on peut rattacher son interprétation aux diverses théories proposées pour expliquer en Chimie

(*) Séance du 17 octobre 1949.

([1]) *Ann. Phys. et Chim.*, 63, 1861, p. 393.

([2]) R. Dubrisay, *Bull. Soc. Chim.*, 6, 1939, p. 1549. Le même phénomène peut d'ailleurs être observé avec d'autres couples de corps (iode et cuivre, composés sulfurés et argent ou cuivre, etc).

([3]) *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 1227; *Ibid.*, 156, 1913, p. 1376; *Ibid.*, 172, 1921, p. 917.

les phénomènes periodiques ([4]). Du moins semble-t-il qu'interviennent à coup sûr, d'une part la vitesse de corrosion du métal par la vapeur d'iode, d'autre part la durée d'arrivée de la vapeur depuis les bords du trou jusqu'au point considéré. Il est logique d'admettre que la vitesse de corrosion exerce une

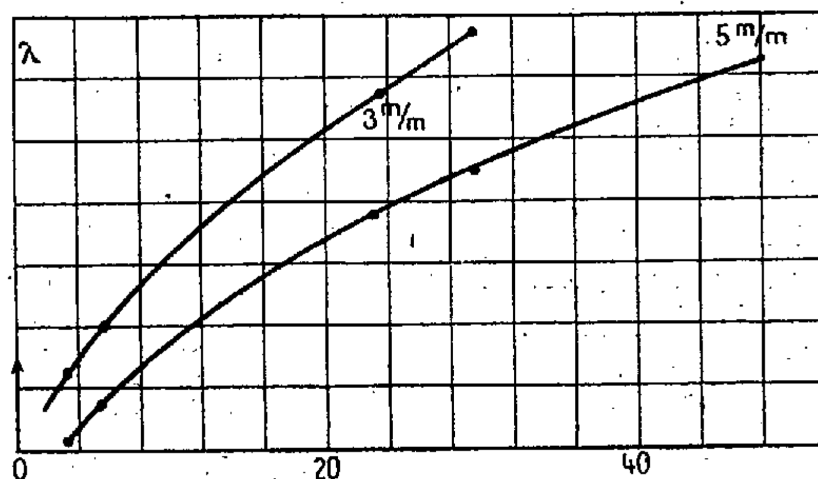


Fig. 1.

action prépondérante au voisinage du trou : or l'aspect des courbes permet alors de conclure, d'une part que la vitesse de corrosion diminue avec le temps, d'autre part qu'elle a dès l'origine une valeur finie, ce qui confirme les indications données par divers auteurs ([5]).

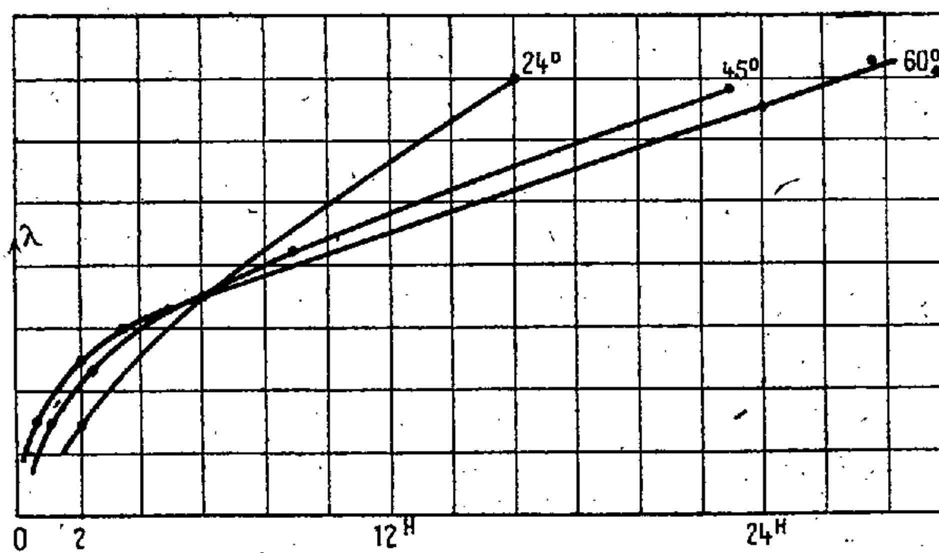


Fig. 2.

Un dispositif, qui sera décrit dans une autre publication, permet d'opérer avec une plaque métallique portée à diverses températures sans modifier la concentration de la vapeur d'iode dans l'atmosphère corrosive. Dans un intervalle variant de la température ordinaire à 70° environ, l'aspect du phénomène

---

([4]) Estermann et Stern, *Zeits. Phys. Chem.*, 61, 1930, p. 95; Nikiforov, *J. Chim. Phys.*, 32, 1935, p. 385; Reynaud et Costeanu, *J. Chim. Phys.*, 34, 1937, p. 141. *Voir* aussi S. Veil, *Phénomènes periodiques en chimie*, Paris, 1934.

([5]) *Voir* en particulier Evans, *Metallic Corrosion*, Londres, 1946; Tamman et divers, *Zeits. für An. Chem.*, 3, 1920, p. 78; 123, 196, 124, 25, 1922, 1924, etc.; Benard, *Bul. Soc. Chimique*, janvier et février 1949.

est resté sensiblement le même. On voit en outre sur la figure 2 qu'au début de l'attaque l'aspect des courbes, moyennant l'hypothèse faite plus haut, permet de vérifier que la vitesse de corrosion croît quand la température s'élève. Mais au bout d'un certain temps il apparaît, au contraire, que la vitesse de formation de l'iodure diminue quand la température s'élève : ceci peut être expliqué en supposant que la vitesse d'arrivée de l'iode en un point donné diminue quand la température s'élève, ce qui s'accorde avec l'accroissement de la vitesse de corrosion.

Au-dessus de 100°, l'aspect du phénomène change totalement. On observe parfois, aux premiers instants, quelques anneaux mais qui s'élargissent sans se multiplier et l'on ne voit bientôt plus à la lumière ordinaire qu'une tache blanchâtre, plus ou moins large, sans aucune couleur d'interférence.

ÉLECTROCHIMIE. — *Application de l'effet Miller à la compensation des déphasages dans un pont de conductibilité.* Note (*) de M. **Jean Vergnolle**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'équilibrage d'un pont de mesure des conductibilités en courant alternatif à fréquence musicale nécessite la compensation des déphasages par une capacité variable; tant que ces déphasages sont faibles, un condensateur variable ordinaire peut convenir, mais si la capacité doit atteindre quelques millièmes de microfarad, il faut une boîte de capacités, à variations forcément discontinues. Il était intéressant, pour de longues séries de mesures exigeant un réajustement de la fréquence de la compensation, d'établir un dispositif équivalent à un condensateur dont la capacité pourrait varier de façon continue dans de larges limites.

Le montage proposé s'inspire des modulateurs de fréquence et comporte une triode montée en cathodyne, dont l'espace grille-cathode GK est shunté par une capacité fixe C; la résistance de cathode R_K est déterminée de façon à faire fonctionner le tube dans une partie linéaire de sa caractéristique ; un fort condensateur de découplage C_D permet de charger la cathode par une fraction continûment variable R de cette résistance par le jeu du curseur Q.

Déterminons la nature de l'impédance Z équivalente au système compensant la branche GM du pont.

Soient i et i' les intensités GK et PK, u et E les tensions GM et PM, V_G et V_P les tensions GK et PK, ρ et s la résistance interne du tube et sa pente, ω la pulsation de la tension u, et t le temps.

Dans ces conditions, comme R/ρ est faible, i vérifie l'équation

$$(1) \qquad (1 + sR)\, i + CR\frac{di}{dt} - C\frac{du}{dt} = 0,$$

(*) Séance du 17 octobre 1949.

qui, pour $u = u_0 e^{j\omega t}$ admet une solution de la forme $i = \lambda u_0 e^{j(\omega t + \varphi)}$, ce qui donne

(2) $$\lambda(1 + sR)e^{j\varphi} + j\lambda CR\omega e^{j\varphi} - jC\omega = 0.$$

Si l'on assimile Z à une capacité C' shuntée par une résistance R', $\lambda e^{j\varphi}$ vérifie la relation

(3) $$j\lambda R' e^{j\varphi} - j + R'C'\omega = 0.$$

(2) et (3) donnent, après élimination de $\lambda e^{j\varphi}$, en tenant compte du fait que $R^2C^2\omega^2/(1+sR)^2$ est très petit

$$\boxed{C' \simeq \frac{C}{1+sR}} \quad \text{et} \quad \boxed{R' \simeq \frac{(1+sR)^2}{RC^2\omega^2}.}$$

Ainsi, par le jeu du curseur Q, quand R varie entre O et R_k, C' varie entre C et $C/(1+sR_k)$. Il y a intérêt à donner la plus grande valeur possible à la

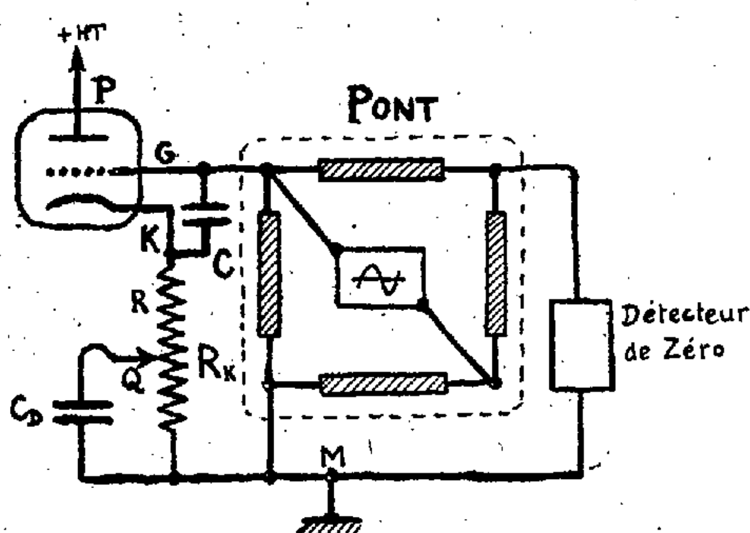


Fig. 1.

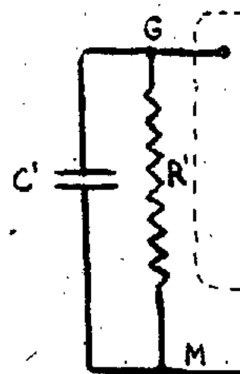


Fig. 2.

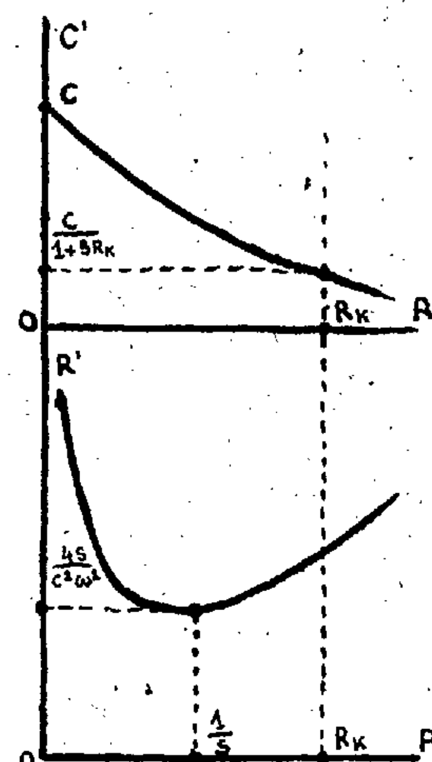


Fig. 3.

résistance en shunt R'; l'examen des courbes (3) montre que R' est toujours supérieure ou égale à $4s/c^2\omega^2$. Il est donc indiqué d'utiliser une lampe à forte pente et à courant de grille négligeable.

Pour une EF 42 montée en triode, avec $R_k = 200\,\Omega$, $E = 250\,V$, $i' = 11\,mA$, $\rho = 8000\,\Omega$, $s = 10\,mA/V$, $R/\rho \leq 2,5\,\%$. Si $\omega = 5000\,sec^{-1}$, $C = 5000\,pF$, $R_k^2 c^2\omega^2/(1+sR_k)^2 \simeq 3.10^{-6}$.

$$\frac{1}{1+sR_k} = \frac{1}{3} \quad \text{et} \quad R' \geqq 72\,M\Omega,$$

valeur suffisamment élevée vis-à-vis de résistances de la branche GM du pont inférieures à 10 000 Ω.

Il est à noter que l'impédance Z n'introduit dans le pont qu'un pourcentage négligeable d'harmoniques par distorsion si u ne dépasse pas quelques dixièmes de volt, grâce à la contre-réaction du cathodyne.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Actions de traces de gaz sulfurés sur les limites d'inflammabilité du cyanogène. Leurs indépendances vis-à-vis des mécanismes de combustion.* Note (*) de M. **Guy Pannetier**, présentée par M. Paul Pascal.

A la suite d'études spectrographiques récentes sur la flamme de cyanogène additionné ou non d'hydrogène sulfuré ou d'anhydride sulfureux et brûlant dans de l'oxygène sec, nous avons pu mettre en évidence et expliquer les actions diverses de ces composés par des réactions entre radicaux libres en phase gazeuse (1)(2).

Nous avons déjà montré également (3) que l'humidité en faible quantité (de l'ordre de 1 à 2 % dans l'air) faisait passer les limites inférieures d'inflammabilité des mélanges secs de cyanogène et d'air de 17 à 7 % et qu'une telle variation ne pouvait s'expliquer que par un mécanisme complètement différent de la combustion.

La présente Note a pour objet d'exposer les recherches que nous avons faites pour nous rendre compte s'il y avait toujours simultanéité d'une variation importante des limites d'inflammabilité et d'un changement d'un mécanisme de combustion par incorporation de gaz étrangers.

Nous avons étudié les limites d'inflammabilité de mélanges de cyanogène et d'air secs en incorporant à ce dernier des quantités faibles (jusqu'à 2 %) d'hydrogène sulfuré ou d'anhydride sulfureux. Nos déterminations ont été faites à 20° C dans des tubes en pyrex de 60^{cm} de longueur et de diamètre variant de 10 à 35^{mm}. Avant l'introduction du mélange gazeux on y réalisait un vide de 10^{-3} mm de mercure. L'inflammation était provoquée par une étincelle jaillissant entre deux électrodes placées à l'extrémité inférieure du tube maintenu vertical.

Les valeurs obtenues (en % de C_2N_2) pour les limites inférieures et en propagation ascendante sont les suivantes :

Diamètre (mm).	cyanogène sec.	avec 0,5 % d'H_2S.	avec 1 % d'H_2S.	avec 2 % d'H_2S.
10	17	8,3	7,25	6,32
15	17,25	7,17	6,3	5,15
20	1-,80	non déterminé	5,70	4,8
25	pas	10,8	5,35	4,75
35	d'inflammation	non déterminé	non déterminé	non déterminé

(*) Séance du 17 octobre 1949.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 478-479.

(2) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1214-1216.

(3) G. Pannetier et P. Laffitte, 226, 1948, p. 341-342.

Il existe donc une différence très grande entre les limites inférieures d'inflammabilité des produits purs et des mêmes gaz souillés par de petites quantités d'hydrogène sulfuré; ces différences sont incompatibles avec la loi de Le Chatelier, mais celle-ci interprète cependant le fait que la limite décroisse au fur et à mesure que l'on augmente le pourcentage d'hydrogène sulfuré puisque celui-ci étant lui-même combustible se substitue au comburant fondamental. Pour interpréter cette brusque variation de 17 % à moins de 7 % de la limite inférieure d'inflammabilité lorsqu'on introduit 1 % d'acide sulfhydrique dans l'air il est nécessaire d'admettre un changement complet des mécanismes de combustion dans les deux cas. Ceci constitue presque une vérification expérimentale des deux mécanismes que nous avons proposés [1] [2].

Par contre les limites supérieures d'inflammabilité sont peu modifiées par la présence d'hydrogène sulfuré dans l'air. Les résultats sont ceux que l'on attendait en appliquant la règle de Le Chatelier au mélange d'air et des deux carburants : H_2S et C_2N_2.

Les résultats sont tout autres avec l'anhydride sulfureux. Les limites supérieures demeurent aux erreurs expérimentales près les mêmes, que celles des produits purs et complètement déshydratés [3]. Tout se passe comme si l'anhydride sulfureux ajouté à l'air jouait le rôle d'un gaz chimiquement inerte. Il en est de même pour les limites inférieures. Et cependant, dans chacun des cas, la flamme qui se propage dans les tubes n'a manifestement pas la même coloration que lorsqu'on a affaire à des mélanges binaires de cyanogène et d'oxygène.

Des variations très importantes des limites d'inflammabilité des produits purs lorsqu'on ajoute de petites quantités de gaz étrangers, s'expliqueraient donc par un mécanisme différent de combustion faisant intervenir d'autres radicaux libérés par la combustion. Mais inversement le fait qu'interviendraient des réactions nouvelles entre d'autres radicaux que ceux libérés par la combustion des produits purs et provenant d'immixion de gaz étrangers, ne modifierait pas forcément les limites d'inflammabilité du gaz pur dans des proportions incompatibles avec la règle de Le Chatelier. Ce résultat était important à signaler.

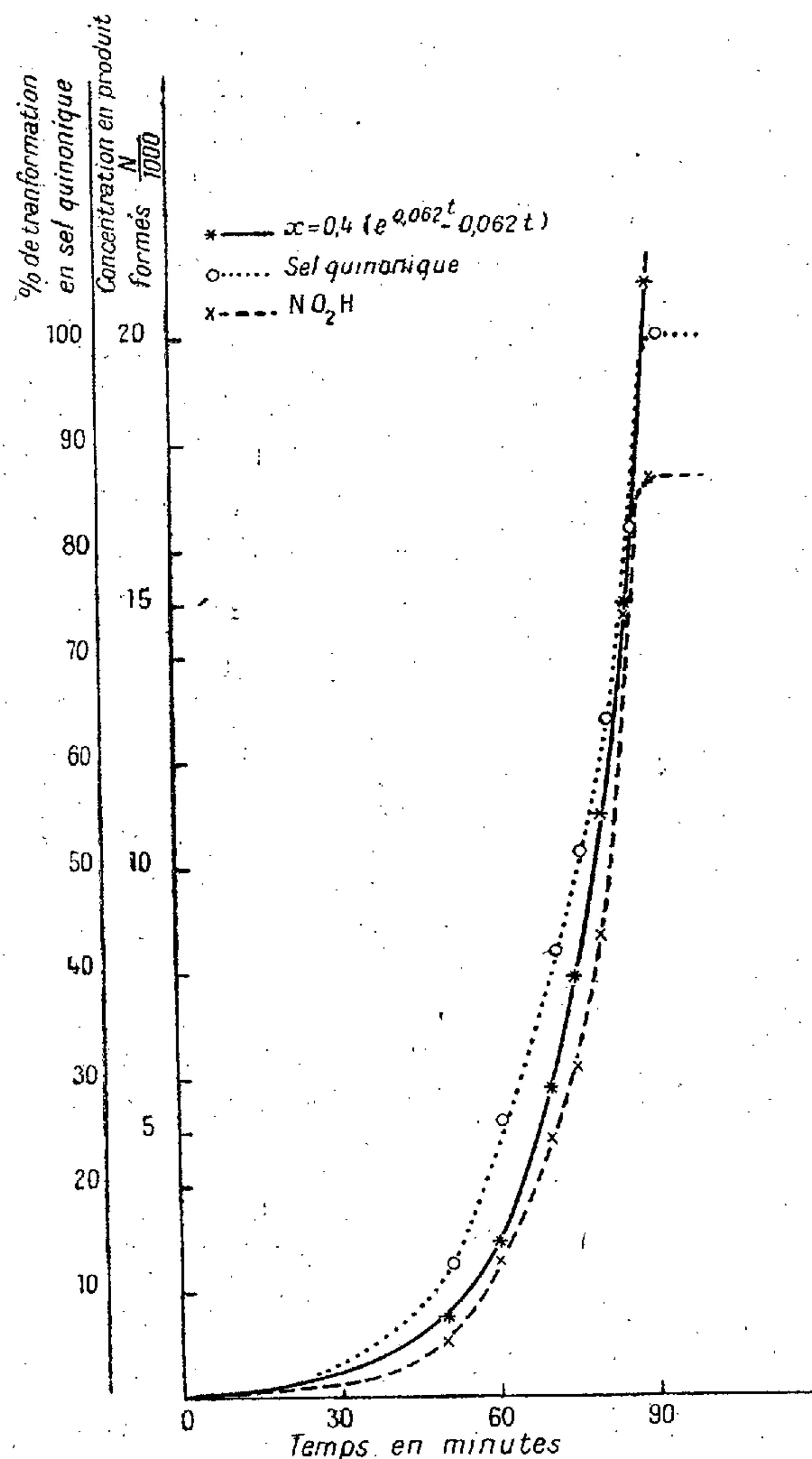
CHIMIE ORGANIQUE. — *Du rôle de l'acide nitreux dans la formation des dérivés nitrés des amines et des phénols en milieu nitrique étendu. Action de l'acide nitrique* 10 % *sur la tétraméthylbenzidine.* Note (*) de MM. **François-Michel Lang** et **Gabriel Aunis**, présentée par M. Paul Pascal.

Les théories modernes expliquent les propriétés nitrantes de l'acide nitrique concentré par la présence d'une entité nitrante, le cathion NO_2^+. Cependant

(*) Séance du 17 octobre 1949.

avec l'acide étendu même à 10 %, on peut observer la formation de dérivés nitrés des amines et des phénols bien que l'entité nitrante ne soit plus présente.

On a remarqué que cette formation de dérivés nitrés exige pour se produire la présence d'une certaine quantité de vapeurs nitreuses, ce qui a fait supposer à certains chercheurs l'existence de réactions intermédiaires, où intervient l'acide nitreux (¹).



Nous avons étudié l'action de l'acide nitrique étendu sur la tétraméthylbenzidine et observé ceci :

1° En milieu nitrique très étendu (0,5 %), l'acide nitreux agit sur la tétraméthylbenzidine pour donner un dérivé quinonique suivant une réaction

(¹) R. J. GILLESPIE, *Quarterly Review*, 2, 1948, p. 305.

monomoléculaire ([2]). L'acide nitrique ne sert ici qu'à rendre le milieu acide.

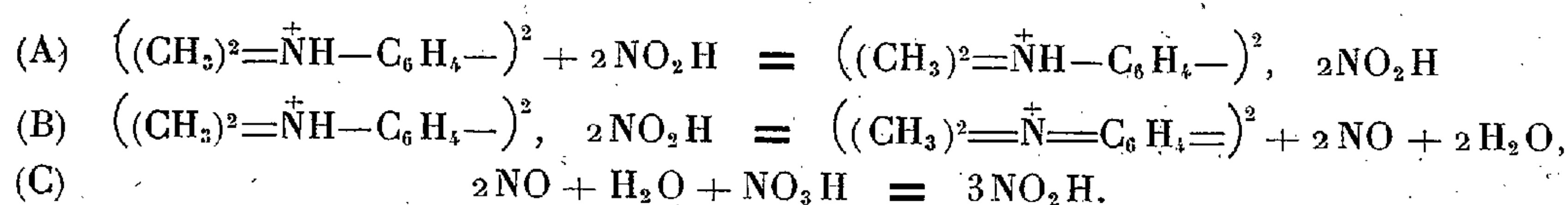
2° En milieu nitrique à 10 %, il n'y a aucune réaction en l'absence de vapeurs nitreuses.

3° Avec une petite quantité de vapeurs nitreuses nous observons une réaction accélérée que l'on peut suivre par le dosage du dérivé quinonique et de l'acide nitreux formés. Nous donnons ici comme exemple les courbes obtenues dans les conditions suivantes :

Tétraméthylbenzidine..................	20.10^{-3} N
NO_2H au départ........................	40.10^{-6} N
NO_3H..................................	acide à 10 %

Température : 0°C, à l'obscurité. (La lumière a une influence sur le comportement de la réaction.)

Le dosage colorimétrique du dérivé quinonique présente une erreur systématique par excès que nous n'avons pas pu encore éliminer; d'autre part, le titre d'une solution d'acide nitreux dans l'acide nitrique à 10 % baisse avec le temps. La courbe vraie de formation du dérivé quinonique est donc certainement comprise entre ces deux courbes. La vitesse de la réaction est sensiblement donnée par la formule $W=(dx/dt)=0{,}024\,(e^{0{,}062t}-1)$, ce qui s'expliquerait très bien par une réaction en chaîne ([3])



$$\text{(A)}\quad \left((CH_3)^2{=}\overset{+}{N}H{-}C_6H_4{-}\right)^2 + 2\,NO_2H \;=\; \left((CH_3)^2{=}\overset{+}{N}H{-}C_6H_4{-}\right)^2,\quad 2\,NO_2H$$

$$\text{(B)}\quad \left((CH_3)^2{=}\overset{+}{N}H{-}C_6H_4{-}\right)^2,\quad 2\,NO_2H \;=\; \left((CH_3)^2{=}\overset{+}{N}{=}C_6H_4{=}\right)^2 + 2\,NO + 2\,H_2O,$$

$$\text{(C)}\quad 2\,NO + H_2O + NO_3H \;=\; 3\,NO_2H.$$

Deux molécules de NO_2H au départ de la réaction (A) donnent trois molécules à la suite de la réaction (C).

En laissant la réaction se poursuivre, nous avons observé un palier plus ou moins long, puis la formation du dérivé nitré, accompagnée de la diminution de l'acide nitreux.

Nous pensons que l'intervention de l'acide nitreux a un caractère très général et qu'il faut attribuer la formation des dérivés nitrés des amines et des phénols dans l'acide nitrique étendu à l'action de l'acide nitreux agissant par l'intermédiaire d'oxydations et de nitrosations, l'acide nitreux se développant par des réactions accélérées analogues à celle que nous avons constatée.

Nous nous proposons de continuer cette étude.

([2]) STIEG VEIBEL, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, **10**, 1930, p. 22 (Phénols); KARTASCHEV, *J. Russ. Phys. Chem. Soc.*, **59**, 1927, p. 819 (Phénols); **62**, 1930, p. 2129 (Phénols); SCHRAMM et WESTHEIMER, *J. Amer. Chem. Soc.*, **70**, 1948, p. 1782 (Anisol); F. LANG, *Thèse*, Paris, janvier 1948 (Diméthylaniline); *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1324 (Diméthylaniline); *Mémorial du Service des Poudres*, **373**, 1949 (En impression).

([3]) F. LANG, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 658.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur l'évolution morphologique du synclinal silurien de Falaise*. Note de M. **Jean Tricart**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

La région entre Falaise et la Forêt de Gouffern est célèbre (¹) par ses crêtes de quartzite alignées, correspondant à un synclinal complexe de roches cambriennes, imparfaitement aplanies avant la transgression mésozoïque et exhumées depuis des calcaires jurassiques. Nos observations portent essentiellement sur le mécanisme de cette exhumation.

Cette dernière ne se poursuit plus actuellement. La couche fossilisatrice, constituée par un calcaire bajocien en bancs massifs, épais, n'est pas, sous le climat actuel, une *couche tendre*, comme les argiles et les marnes de la proche Vallée d'Auge. De petits ruisseaux paraissent entailler péniblement des vallons encaissés aux versants raides, sur lesquels ne se voit aucune trace de ruissellement. Le fond du synclinal est ainsi parcouru par un réseau de vallées sèches, donc impuissantes. L'érosion karstique ne supplée pas à la carence de l'érosion *normale* : aucune cavité, aucune perte, aucune résurgence, nulle part de placages ou de poches d'argile de décalcification. L'enfouissement des eaux n'est pas encore assez avancé pour permettre le développement d'une topographie karstique. L'exhumation des crêtes siluriennes est donc un phénomène actuellement interrompu.

Par contre, toute la région montre des formations périglaciaires très nettes dans les couches calcaires :

a. dans le synclinal lui-même, notamment au Sud de La Londe, des poches de cryoturbation très belles, brassant les calcaires bajociens réduits en mortier de solifluction. Ces formes sont associées aux multiples vallées sèches qui entament la surface des plateaux calcaires.

b. Sur le bord Nord du synclinal, notamment à Villy, entre le village et le passage à niveau, des amas de *grève* exotique (²), constituée par des débris de calcaire venant de plusieurs kilomètres et accumulés en une sorte de glacis de piedmont, comparables à ceux que nous avons décrits dans l'Est du Bassin de Paris.

Les phénomènes périglaciaires ont donc joué un rôle essentiel dans l'exhumation des crêtes quartzitiques : sous le rude climat à *tjäle*, le calcaire devenait une roche tendre. Sa perméabilité cessait de jouer tandis que sa gélivité le rendait aisément fragmentable et transportable par la cryoturbation. Au contraire,

(¹) Em. de Martonne, *Géographie physique de la France*, p. 35-36; Tinthouin, *Ann. de Géogr.*, 1931, p. 122-143.

(²) J. Tricart, *La partie orientale du Bassin de Paris, Étude Morphologique*, tome II, Chap. I, *S. E. D. E. S.*, Paris, 1949.

les quartzites, très peu fissiles, n'étaient presque pas attaqués. L'exhumation des crêtes qu'ils constituent a donc été l'œuvre, au Quaternaire, d'une *érosion différentielle périglaciaire*.

Mais d'autres facteurs ont joué également. Au Nord de Rouffigny, sur le versant Sud de la crête bordière du synclinal, vers 230^m d'altitude, un placage de terra rossa violacée, riche en hématite et en oxyde de manganèse, contenant de rares débris de calcaires corrodés par la dissolution et des fragments de quartzite et de schistes constitue un dépôt de pied de pente ancien, dominant les formes de gélivation entaillées dans le calcaire jurassique conservé plus bas. Il correspond à un climat chaud et sec, où les processus d'érosion comportaient essentiellement la destruction de la roche en place par les agents chimiques et l'évacuation des débris par le ruissellement. Sous un tel climat, les calcaires jurassiques, aisément solubles, étaient attaqués beaucoup plus facilement que les quartzites. Ces derniers étaient exhumés par l'*érosion chimique différentielle*.

L'exhumation des crêtes quartzitiques de la région de Falaise semble donc s'être effectuée suivant deux mécanismes successifs :

1° sous le climat chaud et sec de la période préglaciaire, vraisemblablement au Pliocène, par *érosion chimique différentielle*;

2° sous les climats périglaciaires, dont on trouve les traces de deux phases successives nettement distinctes, par *érosion mécanique différentielle*.

Depuis la fin de la dernière période glaciaire, l'exhumation est stoppée. Le système d'érosion actuel est incapable de mettre en œuvre les processus de ruissellement ([3]), d'autant plus que la couverture est perméable, et l'érosion chimique est très réduite, de sorte que le cycle karstique est à peine commencé.

Les crêtes quartzitiques de Falaise nous montrent donc un exemple remarquable de formes figées, qui se sont développées en fonction de processus morphoclimatiques anciens. Elles nous montrent aussi que la notion de *roche dure* n'a rien d'absolu, qu'elle se modifie en fonction des divers systèmes d'érosion. Les calcaires, par exemple, sont facilement déblayés par l'érosion mécanique en milieu périglaciaire, et par l'érosion chimique en milieu tropical et subtropical. C'est sous le climat actuel qu'ils résistent le mieux à l'érosion.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Spectres des éclairs photographiés au prisme-objectif*. Note de MM. **Maurice Dufay** et **Jean Dufay**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons indiqué dans des Notes précédentes les principaux résultats obtenus en photographiant les spectres des éclairs avec des spectrographes à

([3]) Cailleux, *Ann. de Géogr.*, 1948, p. 21-39.

fente peu dispersifs, dans l'ultraviolet[1] et dans la région visible[2]. L'emploi d'un prisme-objectif permet de saisir plus sûrement le spectre d'un éclair individuel et d'étudier les variations d'intensité des raies le long de la trajectoire.

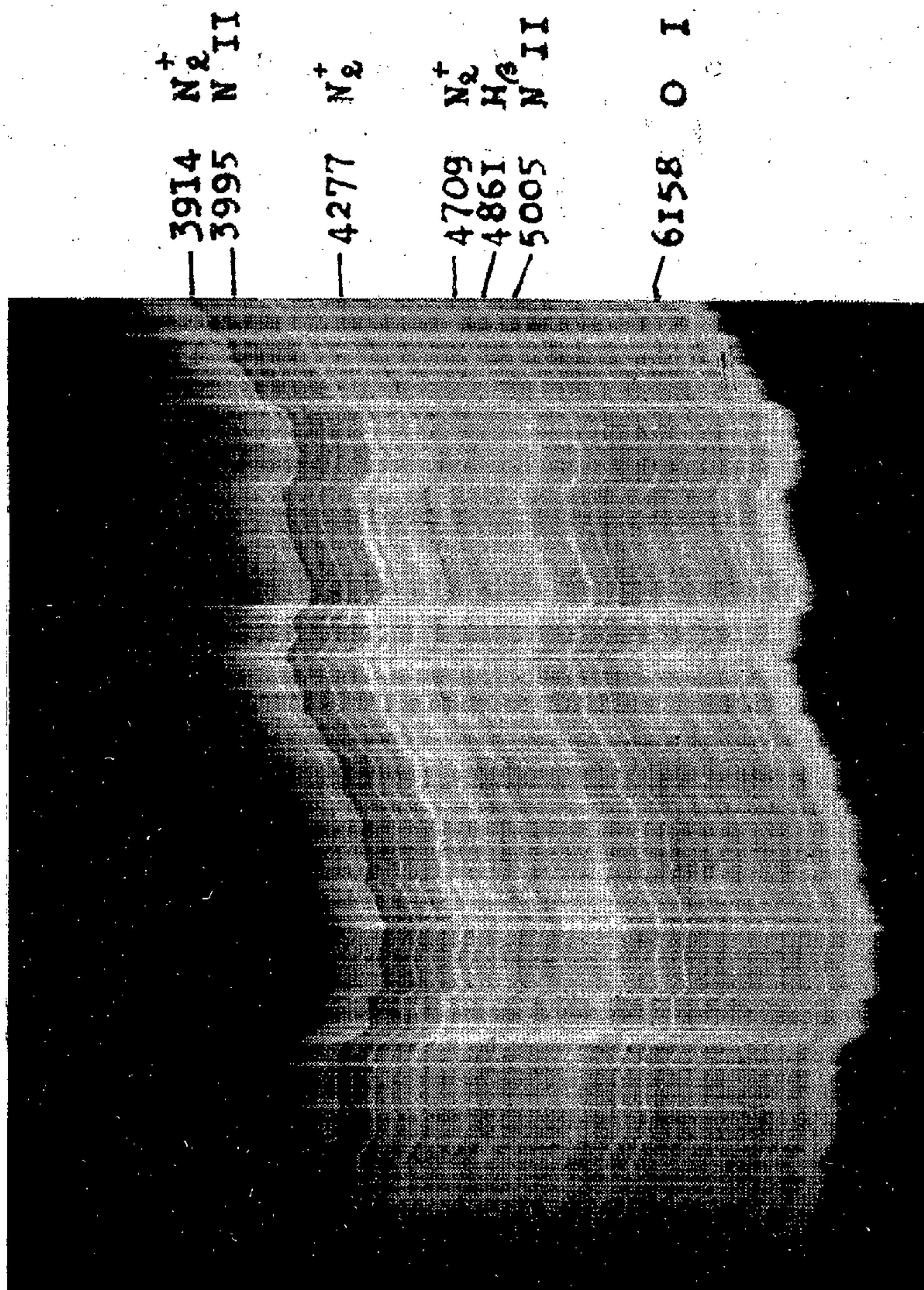


Fig. 1.

Nous nous servons d'un prisme de flint dense de 60°, couvrant un objectif de 8cm de diamètre et 37cm de longueur focale, plus dispersif que tous les

(1) M. Dufay, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 1079.

(2) J. Dufay et Tcheng Mao-Lin, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 330; *Annales de Géophysique*, **5**, 1949, p. 137.

appareils utilisés précédemment (44 Å par millimètre à 4000 Å, 197 Å par millimètre à 6000 Å).

Le spectre reproduit figure 1 est celui d'un éclair frappant le sol à 300^{m} environ de l'observateur.

Jusqu'à H_α, nous mesurons, avec quelques détails supplémentaires, les mêmes radiations qu'avec les spectrographes à fente. Au delà, nous trouvons surtout des raies de l'atome neutre d'azote. Les multiplets $3p\,^4D^0 - 5s\,^4P^+$, $3p\,^4P^0 - 4d\,^4P$, $3p\,^4P^0 - 4d\,^4D$ et $3p\,^4P^0 - 5s\,^4P^+$ sont représentés respectivement par les raies 6624-6648 Å, 6723-6743 Å, 6756 Å et 6921-6945 Å.

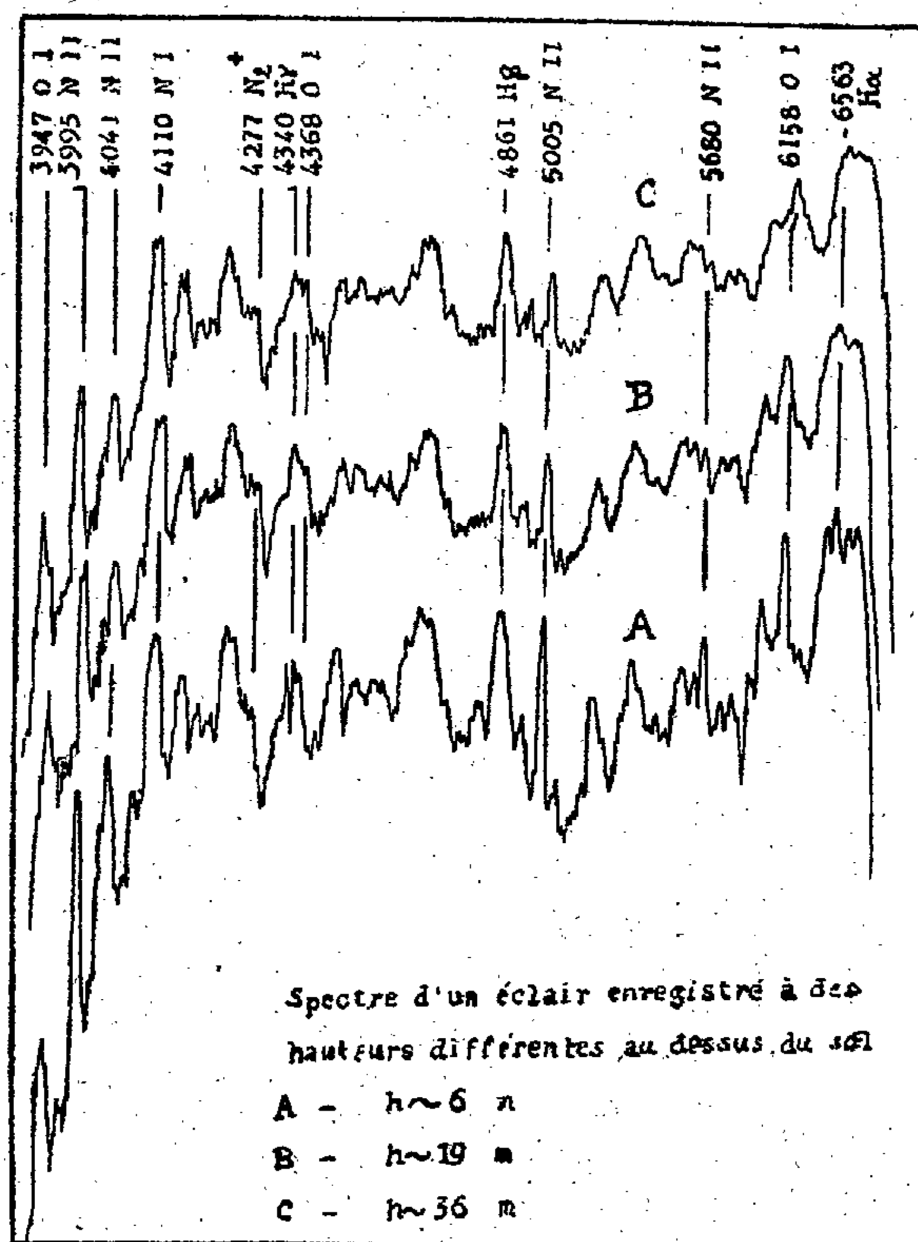


Fig. 2.

Comme l'ont signalé déjà Israël et Wurm ([3]), l'intensité des raies des atomes ionisés (N II, O II) décroît du sol vers le nuage. Le fait est très apparent sur les enregistrements reproduits figure 2 qui correspondent à des sections du même éclair à des hauteurs au-dessus du sol voisines de 6^{m}, 19 et 36^{m}. Il peut expliquer, au moins en partie, les grandes différences observées,

([3]) *Wissenschftliche Arbeiten der Deutschen Meteorologischen Dienstes in französischen Besatzungsgebiet*, 1, 1947, p. 48.

d'un cliché à l'autre, avec les spectrographes à fente, dans les intensités relatives des raies d'atomes neutres et ionisés.

On remarque aussi l'élargissement des raies de l'hydrogène, particulièrement de H_β, mieux séparées des radiations voisines. Il doit être attribué à l'effet Stark résultant du champ produit par les ions. La largeur de H_β correspondrait, d'après la théorie de Holtsmark ([4]) et les expériences de Mme Moreau-Hanot ([5]), à un champ intermoléculaire de 20 000 à 40 000 V/cm et la fraction des molécules et atomes ionisés serait de l'ordre de 5.10^{-4}.

OCÉANOGRAPHIE. — *L'érosion marine et la formation des galets.* Note (*) de M. **Léopold Berthois**, présentée par M. Donatien Cot.

Thoulet a montré en 1904 ([1]) qu'il faut se garder d'attribuer une grande importance à l'érosion marine, qui est bien moins intense que l'érosion subaérienne.

Cette idée a été reprise par Ferronière ([2]) qui l'a développée et qui a précisé la part de ces deux phénomènes dans la formation des sables marins sur la côte du Croisic (Loire-Inférieure). Il a montré, qu'en cette région, la mer polit les galets, mais ne les débite pas, qu'elle est la consommatrice et non la productrice du sable.

Des observations que j'ai pu faire depuis le début de 1948 permettent d'apporter quelques précisions à ces données :

Aux environs du Portzic près de Brest (Finistère), un cube très important de déblais, extraits aux explosifs, a été déversé au pied de la falaise. Ceux-ci forment deux décharges : la plus importante, d'environ 60 000$^{m^3}$, est constituée par des embréchites; la seconde, d'environ 10 000$^{m^3}$, est formée de séricitoschistes.

La mer, qui baigne les pieds des deux cônes de déversement, a étalé les déblais sur un platier rocheux et édifié, en quelques mois, un véritable cordon de blocs qui s'étale au pied de la falaise sur une largeur de 25 à 30^m.

Avant le déversement, l'altitude moyenne du platier rocheux variait de 2^m,30 à 4^m au-dessus du zéro des cartes marines. D'après un nivellement effectué en mai 1949, le niveau des blocs déplacés par la mer au pied de la falaise atteignait des altitudes variant entre 7^m,13 et 8^m,10 (cette dernière cote relevée à l'entrée d'une faille).

([4]) *Physikalisches Zeitschrift*, 25, 1924, p. 73.
([5]) *Annales de Physique*, 10e série, 8, 1927, p. 557.

(*) Séance du 17 octobre 1949.
([1]) *L'Océan, ses lois et ses problèmes*, Paris, 1904, p. 49 et 57.
([2]) *Bull. Soc. Géol. et Min. de Bretagne*, 2, 1921, fasc. spéc., p. 187-192.

Dans le cordon de blocs ainsi constitué, on peut distinguer trois zones principales.

1° *Une zone basse* située au-dessous du niveau moyen de la mer ($4^m,45$ au Portzic). L'érosion marine y est lente, le platier rocheux et les blocs de la base du cordon sont recouverts d'algues. Des blocs anguleux (situés à l'altitude de 1^m au-dessus du zéro des cartes marines), brisés par une pilonneuse de 14 tonnes, ne portaient aucune trace d'usure au bout de six mois.

2° *Une zone moyenne* d'altitude un peu supérieure au niveau moyen de la mer. Dans cette zone l'érosion marine est extrêmement intense et active. En moins d'un an, des blocs anguleux d'embréchites ont été transformés en galets et, en moins de six mois, des blocs de séricitoschites ont été débités et façonnés en galets possédant des indices d'émoussé comparables à ceux des galets anciens des grèves avoisinantes.

3° *Une zone de haute altitude* correspondant sensiblement au niveau des hautes mers d'équinoxe, où l'érosion marine est moins rapide, les galets y sont moins bien triés, moins rapidement façonnés. On y rencontre un pourcentage important de galets de forme aplatie.

Des observations faites sur des formations naturelles : grève du phare de Portzic, grève du Petit Délec, grève du grand Délec (près Brest), grève du Man en Saint-Pol-de-Léon (Finistère), grève des Vallées en Pléneuf, grève de Locquirec (Côtes-du-Nord), grève de Wimereux (Pas-de-Calais) m'ont permis de m'assurer de la généralité de cette répartition par zones, mais aussi de constater que, sur certains cordons monastiriens libérés de leur gangue de limon (grève des Vallées), le flot actuel n'atteint qu'une zone trop restreinte pour provoquer des phénomènes importants et que son action est surtout caractérisée par le triage.

La zone d'action maximum que j'ai pu identifier dans toutes les formations étudiées paraît présenter quelques variations en altitude. Elle semble être en relation très étroite avec l'amplitude des marées du lieu, car les formations de galets ne peuvent avoir une évolution rapide qu'à la condition qu'une partie importante du cordon soit recouverte par les marées de moyenne amplitude.

L'étude comparative des coefficients d'aplatissement et de dissymétrie de A. Cailleux ([3]) m'a permis de mettre en évidence le mode de façonnement des galets constitués par des roches à direction de fracture préférentielle (embréchites). C'est tantôt l'usure, tantôt le fractionnement qui prédomine sans qu'il me soit actuellement possible de préciser dans quelles conditions.

En dernière analyse, sans vouloir présager l'importance relative de l'érosion subaérienne et de l'érosion marine, on peut cependant affirmer que cette dernière est souvent très intense, mais paraît souvent limitée à une zone

---

([3]) *Bull. Soc. Géol. de France*, 15, 1945, p. 375-404.

dont l'altitude est en relation étroite avec le niveau moyen de la mer et l'amplitude des marées au lieu considéré.

Notons, pour terminer, que l'explication de la présence de blocs anguleux à proximité des galets, dans de nombreuses formations actuelles, peut sans doute faciliter l'interprétation de certains gisements géologiques ou de semblables voisinages ont été observés.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la pression atmosphérique à l'Observatoire de Ksara (Liban).* Note de M. **Jean Chevrier**, présentée par M. Charles Maurain.

Ci-dessous est donnée la variation diurne de la pression atmosphérique à l'Observatoire de Ksara (Liban) (lat. N. 33° 49′; long. E. Gr. $2^h 24^m$; alt. $918^m,5$), d'après 25 années d'observations.

Tableau I. — *Valeurs horaires moyennes de la pression atmosphérique de 1921 à 1945.*

	Janv.	Févr.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juill.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
mm Hg......	680	680	680	680	680	680	670	670	680	680	680	680
GMT + 2....	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1..........	3,73	2,47	2,87	2,25	2,31	1,18	9,34	10,02	2,37	4,71	4,97	4,72
2..........	3,69	2,34	2,68	2,05	2,16	0,98	9,25	9,32	2,27	4,59	4,90	4,70
3..........	3,56	2,19	2,51	1,97	2,10	0,99	9,20	9,87	2,20	4,51	4,79	4,59
4..........	3,38	2,07	2,42	1,92	2,15	1,02	9,22	9,89	2,22	4,54	4,73	4,44
5..........	3,37	2,20	2,54	2,03	2,26	1,13	9,32	10,02	2,35	4,63	4,78	4,46
6..........	3,54	2,23	2,71	2,25	2,48	1,31	9,50	10,22	2,55	4,76	4,94	4,60
7..........	3,73	2,48	2,96	2,46	2,71	1,52	9,68	10,40	2,76	5,05	5,22	4,85
8..........	4,08	2,72	3,17	2,59	2,76	1,52	9,65	10,46	2,88	5,26	5,43	5,08
9..........	4,21	2,84	3,24	2,66	2,74	1,42	9,57	10,43	2,92	5,27	5,52	5,30
10..........	4,23	2,85	3,19	2,61	2,68	1,34	9,44	10,26	2,74	5,11	5,38	5,21
11..........	3,81	2,65	3,00	2,43	2,51	1,19	9,26	9,99	2,43	4,77	4,97	4,80
12..........	3,32	2,25	2,71	2,22	2,33	1,01	9,07	9,79	2,12	4,33	4,50	4,32
13..........	2,98	1,90	2,36	2,00	2,10	0,80	8,92	9,56	1,80	3,96	4,16	3,99
14..........	2,92	1,80	2,16	1,74	1,89	0,54	8,70	9,35	1,58	3,77	4,03	3,91
15..........	2,99	1,76	2,04	1,58	1,77	0,48	8,56	9,21	1,47	3,71	4,03	3,98
16..........	3,09	1,86	2,04	1,55	1,66	0,34	8,45	9,19	1,45	3,75	4,11	4,09
17..........	3,23	2,00	2,16	1,62	1,65	0,35	8,45	9,20	1,53	3,89	4,27	4,25
18..........	3,54	2,26	2,37	1,80	1,82	0,55	8,66	9,38	1,75	4,18	4,63	4,56
19..........	3,74	2,47	2,62	2,06	2,04	0,75	8,88	9,67	2,13	4,49	4,86	4,79
20..........	3,88	2,63	3,01	2,38	2,33	1,00	9,22	10,68	2,49	4,71	5,00	4,88
21..........	3,92	2,74	3,02	2,55	2,58	1,33	9,53	10,26	2,64	4,88	5,11	4,93
22..........	3,91	2,72	3,07	2,57	2,63	1,42	9,62	10,35	2,67	4,90	5,16	4,96
23..........	3,83	2,69	3,02	2,56	2,57	1,32	9,60	10,33	2,62	4,87	5,13	4,92
24..........	3,72	2,61	2,94	2,48	2,46	1,22	9,48	10,23	2,56	4,80	5,04	4,79
Moy. μ...	3,60	2,36	2,70	2,18	2,28	1,03	9,19	9,92	2,27	4,56	4,82	4,63

Maximum 684,82 (novembre). Minimum 679,19 (juillet). Oscillation 5,63.

Moyenne annuelle 682,46.

TABLEAU II. — *Maxima et minima.*

	Janv.	Févr.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
$m' - \mu$ (mm).	+0,23	−0,29	−0,28	−0,26	−0,18	−0,05	+0,01	−0,05	−0,07	+0,05	−0,09	−0,19
heure.......	5	4	4	4	3	2	3	3	3	3	4	4
		Maximum				Minimum				Oscillation		
mm Hg......		−0,29 (février)				+0,01 (juillet)				0,30		
heures.......		5 (janvier)				2 (juin)				3		
$M' - \mu$ (mm).	+0,63	+0,49	+0,54	+0,47	+0,48	+0,49	+0,49	+0,54	+0,65	+0,71	+0,70	+0,67
heure.......	10	10	9	9	8	8	7	8	9	9	9	9
		Maximum				Minimum				Oscillation		
mm Hg......		+0,71 (octobre)				+0,47 (avril)				0,24		
heures.......		10 (janvier)				7 (juillet)				3		
$m'' - \mu$ (mm).	−0,68	−0,60	−0,66	−0,64	−0,63	−0,69	−0,74	−0,73	−0,82	−0,85	−0,79	−0,72
heure.......	14	15	16	16	17	16	16	16	16	15	14	14
		Maximum				Minimum				Oscillation		
mm Hg......		−0,85 (octobre)				−0,60 (février)				0,25		
heures.......		17 (mai)				14 (nov., déc., janv.)				3		
$M'' - \mu$ (mm).	+0,32	+0,38	+0,37	+0,39	+0,35	+0,39	+0,43	+0,43	+0,40	+0,34	+0,34	+0,33
heure.......	21	21	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
		Maximum				Minimum				Oscillation		
mm Hg.....		+0,43 (juillet, août)				+0,32 (janvier)				0,11		
heures......		22 (de mars à décembre)				21 (janvier et février)				1		
$M' - m'$ (mm).	1,31	1,09	1,20	1,10	1,11	1,18	1,23	1,27	1,47	1,56	1,49	1,39
		Maximum				Minimum				Oscillation		
mm Hg.....		1,56 (octobre)				1,09 (février)				0,47		

Nota. — m' premier minimum, M′ premier maximum, m'' second minimum, M″ second maximum, μ moyenne mensuelle.

Les tableaux I et II montrent l'allure générale de la variation diurne, à savoir une double oscillation, et son évolution annuelle :

1° un minimum matinal m' dont l'amplitude décroît de $0^{mm},16$ en février à $0^{mm},01$ en juillet et dont l'instant passe de 10^h en janvier à 7^h en juillet.

2° un maximum matinal (absolu) M′ dont l'amplitude croît de $0^{mm},47$ en avril à $0^{mm},71$ en octobre et dont l'instant passe de 10^h en janvier à 7^h en juillet.

3° un minimum après-midi (absolu) m'' dont l'amplitude croît de $0^{mm},60$ en février à $0^{mm},85$ en octobre et dont l'instant passe de 17^h en mai à 14^h en hiver (novembre, décembre et janvier).

4° un maximum vespéral M″ dont l'amplitude croît de $0^{mm},32$ en janvier à $0^{mm},43$ en juillet et août et dont l'instant se fixe à 22^h toute l'année sauf en janvier et février où il se fixe à 21^h,

5° l'amplitude de l'oscillation diurne, $M' - m''$, croît de $1^{mm},09$ en février à $1^{mm},56$ en octobre.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la sensibilité des cultures de tissus végétaux à certaines carences minérales.* Note de M. **René Heller**, présentée par M. Maurice Javillier.

La nutrition minérale des végétaux a suscité de nombreuses recherches. Celle des organes isolés a aussi fait l'objet de travaux récents, mais, pour les tissus eux-mêmes, on ne peut guère citer que les études de Riker et de son école, et celles-ci n'ont trait qu'à des tissus tumoraux très particuliers. L'étude de la nutrition minérale des tissus sains, rendue possible par la technique de culture de Gautheret, restait donc à aborder. Il était normal de la commencer par celle de la sensibilité de ces tissus aux carences en éléments plastiques : potassium, calcium, magnésium, soufre, azote et phosphore.

J'ai étudié le comportement de tissus de Carotte et de Vigne-vierge, cultivés sur gélose ou sur papier filtre sans cendres [1] dans des tubes de pyrex. Les milieux carencés reçoivent un appoint de chlorures ou de sels de sodium, de manière à respecter, par rapport au témoin, les concentrations en ions autres que l'élément étudié et que Cl^- ou Na^+, qui n'influencent que peu la croissance, comme j'ai pu le vérifier. Tous les deux mois (culture sur gélose) ou tous les trois mois (culture sur papier filtre) les cultures doivent être repiquées sur milieu neuf par explantats d'environ 150^{mg}. J'appellerai *passage* le temps ainsi passé sur un même milieu entre deux repiquages.

La carence se manifeste plus ou moins tardivement. Elle est caractérisée par une diminution sensible de la croissance des explantats par rapport aux témoins et par l'apparition de nécroses plus ou moins importantes. Si, lors du repiquage suivant, il reste encore des parties saines, les explantats qu'on peut en tirer ont une croissance encore plus ralentie et meurent généralement au bout de quelques jours. Dans certains cas seulement, un autre repiquage est encore possible, mais il sera le dernier. Par contre, si un fragment carencé, non intégralement mort, est remis sur milieu complet, il reprend très rapidement une croissance normale (80 à 100 % de la croissance témoin dès le premier passage). Par ailleurs, on peut déceler physiologiquement une carence, avant l'apparition de ses effets sur la croissance et l'aspect des tissus, par la plus grande fragilité des cultures et notamment par le fait qu'en cas de non-repiquage dans les délais voulus, elles présentent les nécroses caractéristiques bien avant les cultures normales.

Les caractères propres à chaque carence sont les suivants :

1. *Azote.* — C'est l'élément à l'absence duquel les cultures sont le plus

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, **143**, 1949, p. 335.

sensibles. Au cours d'un unique passage sur milieu incomplet, la croissance n'est guère que le dixième de la croissance témoin [Exemple : Vigne-vierge (tige)], accroissement de poids frais (moyenne de 12 cultures), témoin : 231cg, sans N : 24cg. Carotte : 232cg; 10cg. Dans le cas de la Vigne-vierge, les cultures se chargent d'anthocyane (²).

2. *Phosphore*. — La sensibilité du tissu de Carotte est presque aussi grande que dans le cas de l'azote (témoin, 267cg; sans P, 18cg), alors que le tissu de Vigne-vierge, tout en réagissant dès le premier passage, en exige un second pour que se manifeste une carence complète (1er passage, témoin, 261cg; sans P, 68cg; 2e passage, 353cg; 24cg).

3. *Potassium* (³). — La réaction des tissus de Vigne-vierge est sensiblement la même que pour le phosphore (témoin, 213cg; 1er passage sans K, 75cg; 2e passage, 39cg). Celle des tissus de Carotte ne devient comparable qu'après un temps de latence d'un passage (témoin, 205cg; 1er passage sans K, 196cg; 2e, 49cg,5; 3e, 23cg).

4. *Soufre*. — La carence se manifeste assez rapidement sur les tissus de Carotte; un premier passage est sans grand effet apparent, mais le deuxième est nettement efficace (témoin, 298cg, 1er passage sans S, 240cg; 2e, 55cg). Il faut au contraire 3 ou 4 passages pour que réagissent nettement les tissus de Vigne-vierge.

5. *Calcium et magnésium*. — Les carences doivent être recherchées sur support de papier-filtre. Les tissus semblent en effet capables de digérer la gélose et d'en extraire le calcium et le magnésium qui s'y trouvent à l'état constitutif. Sur milieu gélosé, sans calcium ou magnésium surajoutés, les tissus présentent bien à la longue des troubles dus à la concentration insuffisante de ces éléments, mais cet état subnormal peut se prolonger très longtemps. Sur papier-filtre au contraire, on obtient en un temps relativement court des carences aussi nettes que dans les cas précédents (Carotte, seul tissu jusqu'ici étudié : témoin : 243cg; 1er passage, sans Ca : 111cg, sans Mg : 143cg; 2e passage, sans Ca : 53cg, sans Mg : 67mg).

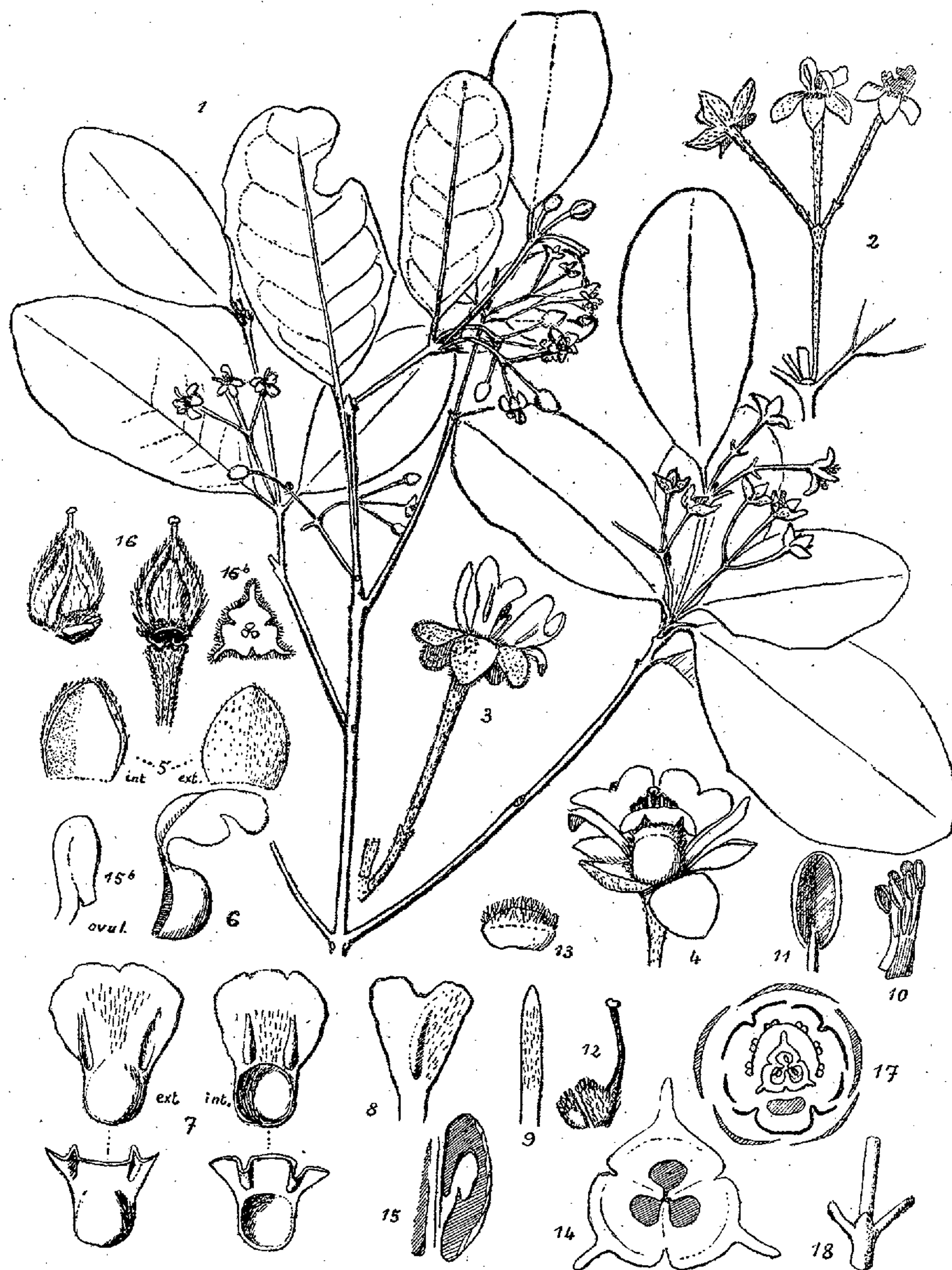
En résumé, les cultures *in vitro* des tissus végétaux se révèlent très sensibles aux carences en éléments plastiques, carences dont les effets se manifestent en quelques mois, ou même quelques semaines (azote, et éventuellement phosphore ou potassium). La durée de survie, qui varie avec la nature du tissu et avec l'élément étudié, ne dépasse en aucun cas un an.

BOTANIQUE SYSTÉMATIQUE. — *Sur la présence d'une Trigoniacée dans la flore malgache*. Note de M. **Jacques Leandri**, présentée par M. Roger Heim.

En effectuant le classement d'un herbier constitué à Madagascar sous la direction de M. Saboureau, Conservateur des Eaux et Forêts, j'ai remarqué un

(²) *Comptes rendus*, 142, 1948, p. 768.
(³) *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 947.

spécimen qui ne semblait pouvoir entrer dans aucune famille végétale déjà connue dans la Grande Ile. L'ensemble de ses caractères conduit en effet à le



Humbertiodendron Saboureaui gen. et sp. nov. — 1, port d'un rameau, réduit de 1/5e; 2, inflorescence, × 1,5; 3, fleur épanouie, × 2; 4, la même, vue du côté du pétale bossu, × 3; 5, sépale externe, vu de l'intérieur et du dehors, × 4; 6, le pétale bossu vu de côté, montrant un des replis aliformes saillants vers l'intérieur; 7, le même, vu de l'intérieur et du dehors; au-dessous, la partie supérieure coupée pour montrer la forme des replis; 8, un des pétales à un seul repli; 9, un des pétales linéaires; 10, les étamines; 11, une anthère et l'insertion du filet; 12, le pistil et la bosse staminodiale; 13, cette dernière vue de l'extérieur; 14, coupe transversale de la partie supérieure de l'ovaire (les poils ne sont pas figurés); 15, coupe verticale d'une loge; 15 *b*, ovule très grossi; 16, un très jeune fruit, avec et sans la bosse staminodiale et en coupe transversale (16 *b*); 17, diagramme floral; 18, un nœud, stade juvénile.

placer dans la famille des Trigoniacées, dont les représentants connus sont sud-américains [1]. Toutefois, il offre par rapport aux autres plantes de cette famille quelques caractères très particuliers, comme la présence d'un seul ovule dans chaque loge, de cymes triflores, de cloisons non soudées suivant l'axe de l'ovaire, d'une pièce charnue unique accolée à ce dernier, qui ne permettent pas de le ranger dans des genres déjà décrits. Quelques-uns de ces caractères rapprochent notre plante des Sapindacées, et elle constitue un nouveau chaînon reliant les deux familles. Je laisse aux monographes le soin de décider si cette plante malgache doit être élevée au rang de type d'une sous-famille, ou si sa découverte doit faire reconsidérer la question du maintien des Trigoniacées et de leurs voisines les Vochysiacées comme familles distinctes. J'en ferai provisoirement le type d'un genre nouveau, que je dédie à M. le Professeur Henri Humbert, à qui l'étude de la flore malgache doit ses plus récents et importants progrès, et qui m'a confié l'examen de la collection Saboureau.

La découverte d'un représentant malgache de cette famille vient étayer une observation analogue concernant les Vochysiacées, famille centre et sud-américaine dont on a trouvé il y a quelques années un représentant isolé en Afrique occidentale. C'est un exemple de plus de la conservation à des distances énormes de part et d'autre des océans actuels de végétaux proches parents, témoins des anciennes connexions continentales de l'hémisphère austral.

Humbertiodendron gen. nov. — *Petala lateralia sublinearia; ovarium tri-alatum, tri-rimosum; stylus lateralis; ovarii septa haud connata; ovula in loculis singula erecta; cymæ tri-floræ; stipulæ connatæ. Cetera fere Trigoniæ.*

Type : Humbertiodendron Saboureaui sp. nov.-Conservation des Réserves naturelles de Madagascar, n° 1522 R. N. *Collecteur* : garde Ramarokoto. *Nom vernaculaire* : Hazombaroranalahy. *Localité* : Ambodivila, près Ambila. Arbre de 10^{m}, en fleurs en février 1948.

PHYTOCHIMIE. — *La Hongkeline, nouvel hétéroside digitalique cristallisé de* Adenium Hongkel. Note de MM. **Marcel Frèrejacque** et **Victor Hasenfratz**, présentée par M. Richard Fosse.

Parmi les plantes du genre *Adenium* utilisées dans diverses régions de l'Afrique comme poisons de flèches ou d'épreuves, quatre espèces seulement semblent avoir fait l'objet de recherches chimiques approfondies; ce sont : *A. Bœhmianum* Schinz duquel Bœhm [1] a extrait l'échujine à l'état cristallin, *A. Somalense* Balf. fil. dont M. Hartmann et E. Schlittler [2] ont retiré la

---

[1] Quelques auteurs rattachent aussi à cette famille le genre malais *Trigoniastrum*.

[1] *Arch. exp. path. pharmak.*, 26, 1890, p. 165.

[2] *Helv. chim. acta*, 23, 1940, p. 548.

somaline cristallisée $C_{30}H_{48}O_7$, *A. cœtaneum* Stapf [3] et *A. Hongkel* D. C. [4].

De toute évidence les produits obtenus à partir de ces quatre espèces d'*Adenium* sont des hétérosides du groupe des digitaliques, mais on n'a pu obtenir, à partir de *A. cœtaneum* et de *A. Hongkel*, que des produits amorphes visiblement constitués par des mélanges.

Les services de l'Institut français d'Afrique Noire nous ayant fait parvenir un échantillon de *A. Hongkel* (Kidi-Sarané des indigènes du Haut-Sénégal), nous avons repris l'étude du poison contenu dans cette plante; cet échantillon était constitué par un mélange de racines et de tiges qui paraissait avoir été altéré au cours de son envoi : une partie des tiges était en effet fortement noircie, alors que d'autres parties étaient restées parfaitement blanches.

Le bois séché, puis réduit en poudre, a été tout d'abord *longuement* épuisé par l'éther, puis par l'alcool méthylique. L'extrait éthéré a été épuisé par l'éther de pétrole qui enlève une abondante portion de corps non digitaliques; le résidu, après défécation par l'acétate de plomb alcoolique, a été séparé en une portion soluble dans le chloroforme et une portion insoluble dans ce solvant. Ces deux fractions renferment des hétérosides digitaliques, mais nous n'avons pu séparer aucun corps cristallisé de la fraction insoluble dans le chloroforme; seule la fraction soluble dans le chloroforme nous a fourni un corps cristallin.

Quant à l'extrait méthanolique, il a également fourni, après défécation, une portion soluble dans le chloroforme dont on a tiré, quoique difficilement, une nouvelle fraction d'un corps cristallisé identique à celui isolé de l'extrait éthéré. Dans un essai préliminaire nous avions obtenu, lors d'une chromatographie des produits d'extraction, une très petite quantité de cristaux qui nous ont servi d'amorce lors de l'extraction définitive. Finalement $2^{kg},800$ d'*Adenium Hongkel* nous ont donné 32^g de digitaliques solubles dans le chloroforme. Ces 32^g ont été dissous dans l'alcool à 70° et ont donné, après amorçage, 4^g d'un corps cristallin. La chromatographie du produit contenu dans les eaux mères nous a fourni encore 6^g de corps cristallisé : le rendement final en corps cristallisé est donc d'environ 3‰.

Le corps cristallisé n'est identique à aucun des digitaliques connus actuellement; nous proposons de lui donner le nom de *Hongkeline*. Il cristallise lentement de l'alcool à 70°, dans lequel il est encore fort soluble, en prismes incolores contenant 9,6 % d'eau de cristallisation; il s'effleurit peu à peu à l'air. Insoluble dans l'eau, très peu soluble dans l'éther, il est par contre très soluble dans l'alcool, le chloroforme, l'acétone et l'ester acétique. Il présente tous les caractères habituels des digitaliques : amertume, pouvoir sternutatoire, coloration rouge avec le réactif de Legal, violette avec le réactif de Raymond, orange

(3) *Berl. klin. Wchschr.*, 1910, p. 1699.

(4) PERROT et LEPRINCE, *Comptes rendus*, 149, 1909, p. 1393.

avec le réactif de Baljet. Le réactif de Liebermann donne une coloration d'abord rose, puis verte. La hongkeline ne donne pas la réaction de Keller-Kiliani. Anhydre, elle fond peu nettement entre 130 et 135°; contrairement à la somaline, elle est faiblement lévogyre : $[\alpha]_D^{20} - 10°,3$ (CH_3OH).

L'analyse de la hongkeline conduit à lui assigner la formule $C_{30}H_{46}O_8$ (C 67,4; H 8,7). La molécule de hongkeline contient un groupe méthoxyle mais pas de groupe acétyle; elle renferme une fonction lactonique qui, saponifiée, conduit pour la hongkeline à un poids moléculaire d'environ 536 (calculé 534). Par acétylation pyridinée, on obtient sans difficulté la *diacétylhongkeline* $C_{34}H_{50}O_{10}$ (C 66,0; H 8,0) qui cristallise de l'alcool dilué en aiguilles contenant une molécule d'eau. F 207°, $[\alpha]_D^{20} - 9°,5$ (CH_3OH).

Sous l'action de la potasse alcoolique diluée, la hongkeline s'isomérise en *isohongkeline* $C_{30}H_{46}O_8$ (C 67,2; H 8,7) qui se présente sous forme d'aiguilles nacrées peu solubles dans l'alcool, F 268° (bloc Maquenne), $[\alpha]_D^{20} - 20°,3$ ($CHCl_3$). Par acétylation pyridinée on obtient la diacétylisohongkeline $C_{34}H_{50}O_{10}$ (C 66,0; H 8,0), aiguilles nacrées, peu solubles dans l'alcool, F 258° (bloc), $[\alpha]_D^{20} - 14°,1$ ($CHCl_3$).

L'isohongkeline et son dérivé acétylé ne colorent plus les réactifs de Legal, de Raymond et de Baljet.

L'hydrolyse de la hongkeline fournit un ose réducteur et une génine que nous n'avons pu obtenir encore à l'état cristallisé.

En résumé, nous avons extrait du bois d'*Adenium Hongkel* un nouveau poison digitalique à l'état cristallisé, dont nous avons déterminé la formule. Nous poursuivons l'étude de la constitution de cet hétéroside.

BIOCLIMATOLOGIE. — *Facteurs physiques du milieu et transpiration du Maïs : action de la température*. Note de M. **Marcelin Godard**, présentée par M. Albert Demolon.

Des recherches d'ensemble sur la transpiration du Maïs poursuivies depuis 1947 à la Station de Bioclimatologie agricole de Montpellier (Institut National de la Recherche Agronomique) visent à préciser les rapports de la plante et de l'eau sous l'action du complexe climatique méditerranéen. Les résultats rapportés ici sont relatifs à l'influence de la température de l'air considérée comme un des trois éléments du climat qui, avec le rayonnement solaire et le pouvoir évaporant de l'air, interviennent d'une manière prépondérante dans les phénomènes transpiratoires.

Technique et notations. — La méthode des cultures en vases a été utilisée à raison d'une plante par pot (var. Maïs de Tarbes). Du point de vue biologique, des pesées journalières faisaient connaître la quantité d'eau transpirée entre 6 heures et 17 heures T. M. G., qui représente la majeure partie de l'eau émise

au cours du nycthémère. Grâce à des déterminations régulières de surface foliaire, on pouvait en déduire la quantité d'eau perdue par décimètre carré de surface foliaire ou *taux de transpiration moyen diurne*. Pour éliminer l'action propre des variations de l'humidité du sol, celle-ci était maintenue sensiblement constante par adjonction fréquente d'eau aux vases en cours de journée.

Du point de vue physique, on a pris comme test de la *température moyenne diurne* de l'air, la *température maximum* relevée sous l'abri météorologique classique. Le *pouvoir évaporant* de l'air était lui-même défini par les mesures faites entre 6 heures et 17 heures à l'évaporomètre de Piche, également sous abri. Enfin, l'intensité du rayonnement solaire (éclairement) était caractérisé par la *radiation globale* (quantité d'énergie d'origine solaire en cal-g/cm^2 reçue sur une surface horizontale).

Dépouillement des observations. — Une méthode analogue à celle utilisée par H. Geslin pour l'étude du développement du Blé a été employée [1]. Celle-ci consiste essentiellement en un classement préalable des données biologiques et physiques de telle manière qu'après ce classement, il devienne possible d'étudier la loi d'action d'un des éléments physiques en cause, tous les autres étant constants.

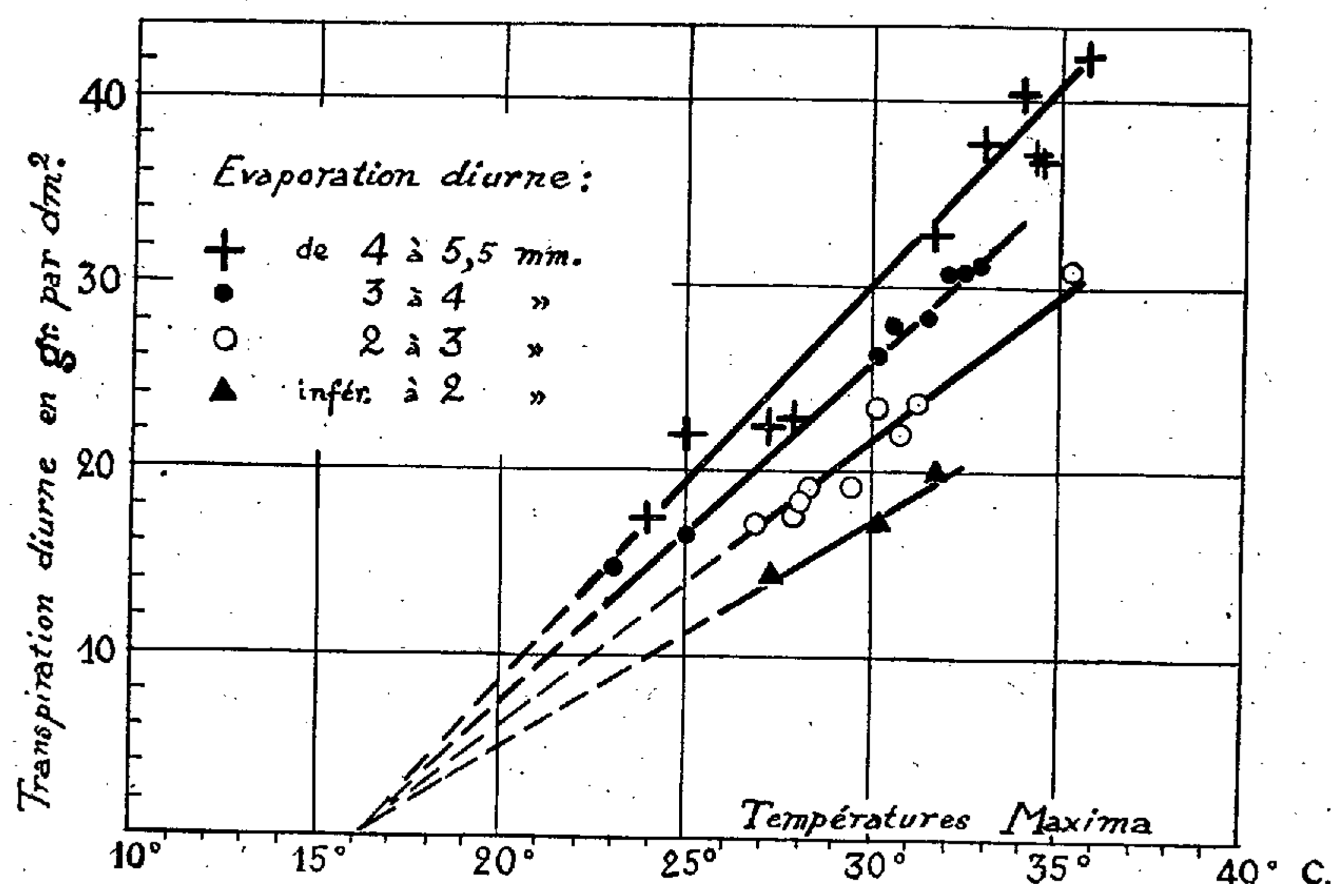
Pour tenir compte, dans le taux de transpiration des variations, dues à l'éclairement, n'ont été retenues, parmi l'ensemble des données recueillies, que celles correspondant aux journées claires à peu nuageuses. Dans ce cas, en raison de l'époque des essais (juillet-août), la radiation globale reçue entre les heures d'observations au cours de ces journées a présenté une valeur sensiblement identique. Ces données privilégiées ont ensuite été classées en groupant séparément les observations relatives aux journées au cours desquelles le pouvoir évaporant de l'air s'était maintenu entre certaines limites très rapprochées mais où par contre la température avait varié entre des limites relativement étendues. D'un jour à l'autre d'un même groupe, les variations du taux de transpiration observées doivent donc être attribuées à l'action propre de la température. Il devient alors possible de mettre en évidence la loi d'action de la température sur l'activité transpiratoire, *à pouvoir évaporant de l'air et à radiation globale constants*, la plante restant cependant soumise à l'ensemble du complexe climatique naturel.

Résultats. — Le graphique ci-après résume l'une des séries d'expériences effectuées, de la mi-juillet à la fin août 1948, à partir de la floraison mâle des plantes. Pour un pouvoir évaporant donné (évaporation diurne de 6 à 17 heures), la loi d'action de la température est représentée par une droite, tout au moins dans les limites de températures rencontrées.

En particulier, la relation est encore valable pour les journées les plus

(1) Cf. *Thèse, Fac. des Sc.*, Paris, 1944.

chaudes observées en 1948 ($t_{max} = 35°,8$). Aux températures plus basses, les différentes droites relatives à des pouvoirs évaporants différents convergent vers un point d'abscisse $t_{max} = 16°$ C, température pour laquelle l'intensité transpiratoire tendrait alors à s'annuler ou tout au moins à *devenir très faible*. Un



tel maximum diurne correspond à une température moyenne nycthémérale de l'ordre de 10°. On peut penser que ce seuil thermique est lié vraisemblablement au zéro de végétation apparent du Maïs qui est précisément voisin de 10° C.

Par ailleurs, on constate qu'à chaque valeur du pouvoir évaporant correspond une droite dont le coefficient angulaire est d'autant plus élevé que le pouvoir évaporant est lui-même plus intense. Ainsi, pour un même accroissement de la température, l'augmentation de l'activité transpiratoire qui en résulte est d'autant plus importante que le pouvoir évaporant de l'atmosphère est plus élevé. La sensibilité de la plante à une élévation des conditions thermiques s'accroît donc avec ce dernier, ce qui se traduit par des variations plus ou moins marquées dans le bilan d'eau de la plante.

PHYSIOLOGIE. — *Le rôle de l'acétaldéhyde dans les manifestations liées aux perturbations du métabolisme de l'alcool éthylique.* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Robert Courrier.

Nous avons montré dans une Note antérieure, en collaboration avec P. Chauchard et H. Mazoué, que le métabolisme de l'alcool éthylique et des produits intermédiaires qui en dérivent peut être favorisé et augmenté par l'intervention des vitamines B_3 et B_4 (nicotinamide et adénine), qui entrent

dans la constitution du coenzyme, dont le rôle de catalyseur indispensable est ainsi prouvé ([1]). Cette association trouve son application en thérapeutique (curéthyl-B) dans la cure de désintoxication alcoolique ([2]).

A l'inverse, le disulfure de tétraéthylthiuram (T. T. D. ou antabuse) est utilisé dans le traitement de l'alcoolisme en raison des propriétés inhibitrices qu'il exerce sur la destruction totale de l'alcool par l'organisme et se traduisent, suivant Larsen, Jacobsen et Hald ([3]), par une exagération du taux de l'acétaldéhyde dans le sang. Cette perturbation du métabolisme de l'alcool se manifeste cliniquement par des phénomènes de vasodilatation, de la cyanose, des nausées, des vertiges, des convulsions, parfois suivis de mort ([4]).

Nous nous sommes proposé de rechercher si les manifestations observées sous l'influence du disulfure de tétraéthylthiuram sont réellement dues à l'acétaldéhyde et si une intervention opportune des vitamines B_3 et B_4 ne pourrait pas empêcher les accidents qui résultent de son action sur l'alcool introduit postérieurement dans l'organisme. Nous avons procédé pour cela à deux séries d'expériences.

1. Si l'on fait absorber à un lapin de $1^{kg},8$ à 2^{kg}, par voie buccale, $0^{g},50$ de disulfure de tétraéthylthiuram (T. T. D.) préalablement dilué dans 10^{cm^3} d'eau, on n'observe pratiquement aucun trouble. Mais si l'on injecte une heure après par voie intraveineuse 20^{cm^3} de soluté isotonique à 25 % d'alcool éthylique, on enregistre aussitôt une intoxication brutale, l'animal tombant dans un état de résolution musculaire, les yeux exorbités, respirant avec difficulté, avec parfois quelques crises cloniques de petite intensité. Habituellement, l'animal meurt au bout de temps variables, souvent très courts (une à deux minutes). L'injection d'alcool pratiquée en l'absence d'absorption de T.T.D. n'entraîne que la résolution musculaire d'un profond sommeil lié à une ivresse passagère d'environ 10 minutes.

Le temps qui sépare l'ingestion de T. T. D. de l'injection d'alcool a une importance particulière, car l'injection d'alcool faite 10 minutes après l'ingestion de T.T.D. n'entraîne, elle aussi, qu'un malaise passager de l'animal.

L'injection simultanée d'alcool et de vitamines B_3 et B_4 (15^{mg} de nicotinamide et 25^{mg} d'adénine), pratiquée après l'ingestion de T. T. D., n'empêche pas l'intoxication brutale de se manifester; mais le lapin sort bientôt de son coma, sa respiration s'amplifie peu à peu, puis il se redresse sur ses pattes avant d'abord, puis ses pattes arrière en 4 à 10 minutes, retrouvant bientôt (environ 25 minutes après) toute son activité.

([1]) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 414.

([2]) *Gazette méd. France*, 56, 1949, p. 573.

([3]) *First intern. Congress of Biochemistry*, Cambridge, 1949, *Abstracts*, p. 6.

([4]) R. O. Jones, *Canad. med. Assoc. Journ.*, 60, 1949, p. 609.

L'injection intramusculaire des mêmes quantités de vitamines B_3 et B_4 faite, à titre préventif, une demi-heure avant l'injection d'alcool, inhibe toute action de cette dernière et supprime ou raccourcit même la phase d'ivresse, les vitamines assurant, en dépit de la présence de T.T.D., la catabolisation rapide de l'alcool et des produits intermédiaires de son métabolisme.

2. Le comportement du Lapin sous l'influence d'une injection intraveineuse d'acétaldéhyde apparaît très différent. Si l'on introduit, en effet, par la veine marginale de l'oreille 5^{cm^3} d'un soluté physiologique d'acétaldéhyde à 5 %, on assiste à une crise épileptiforme typique. Après une courte période de latence, on note d'abord une paralysie des pattes postérieures, puis antérieures; l'animal qui se traînait péniblement, se couche sur le côté et perd à la fois respiration (apnée) et connaissance (coma). Cependant, les mouvements respiratoires reprennent peu à peu et s'amplifient, tandis que se manifestent les réactions motrices toniques et cloniques; l'animal, agité de soubresauts, pousse des cris. Au bout de 15 minutes environ, toutefois, il reprend connaissance, cesse de gémir et se redresse sur les pattes avant, le train arrière restant encore paralysé. Il ne retrouvera son agilité coutumière que 25 à 35 minutes après l'injection déclenchante.

Que l'injection d'acétaldéhyde soit pratiquée seule ou associée à une injection simultanée de vitamines B_3 et B_4, qu'elle soit précédée d'injections intramusculaires des mêmes vitamines un quart d'heure et une demi-heure avant, que les injections vitaminiques préventives et simultanées soient faites conjointement, on ne constate, dans tous les cas, aucune modification au tableau précédent.

Conclusions. — Lorsqu'il imprègne l'organisme, le disulfure de tétraéthylthiuram entraîne une production exagérée de substances intermédiaires du métabolisme de l'alcool éthylique, substances qui se révèlent profondément toxiques.

Ces substances se trouvent aisément et rapidement détruites sous l'influence des vitamines B_3 et B_4 (nicotinamide et adénine), lorsque celles-ci sont administrées à titre préventif; ces vitamines se montrent encore très actives lorsqu'elles sont introduites dans l'organisme conjointement à l'alcool.

Les produits intermédiaires du métabolisme de l'alcool éthylique ne sauraient être confondus avec l'acétaldéhyde; ce dernier n'en représente incontestablement qu'une fraction et se comporte très différemment de l'ensemble. Les vitamines B_3 et B_4 se montrent, en particulier, sans action sur les crises épileptiformes causées par l'acétaldéhyde, alors qu'elles neutralisent les effets nocifs, voire mortels, liés à l'introduction d'alcool dans un organisme préalablement imprégné de disulfure de tétraéthylthiuram, effets devant lesquels on se trouvait jusqu'ici désarmé.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de certains facteurs vitaminiques du complexe* B *sur l'évolution de l'hypervitaminose* PP *chez le Rat.* Note de Mme **Lucie Randoin** et M. **Jean Causeret**, présentée par M. Robert Courrier.

Dans une Note précédente (1) nous avons montré que l'hypervitaminose PP entraîne vraisemblablement, chez le Rat, une véritable carence indirecte en acide pantothénique : en effet, s'il est accompagné d'acide folique, ce dernier corps s'oppose à l'arrêt de croissance, à la dénutrition et aux principaux effets physiopathologiques que provoque l'introduction de fortes doses d'amide nicotinique dans le régime alimentaire de l'animal.

Désirant savoir si d'autres facteurs vitaminiques du complexe B jouissent également d'une action curative vis-à-vis des effets de l'hypervitaminose PP sur le développement pondéral, nous avons entrepris une nouvelle série de recherches qui ont été conduites de la même manière que les précédentes.

22 jeunes rats mâles, pesant de 40 à 50^g, ont été soumis à un régime alimentaire dont la composition centésimale est la suivante : *caséine*, 21; *graisse de beurre*, 4; *amidon*, 66; *mélange salin* d'Osborne et Mendel, 4; *levure sèche*, 5; *papier filtre*, à volonté. Ce régime a été additionné de 2 % d'*amide nicotinique*.

Lorsque l'hypervitaminose PP a commencé à se manifester par un arrêt de la croissance ou par une certaine perte de poids (15^g à 20^g) (2), les animaux ont été répartis en six lots de trois ou cinq sujets, qui, à l'exception de trois témoins (*lot I*), ont reçu dès lors, par voie sous-cutanée ou par voie bucale, l'un ou l'autre des facteurs vitaminiques dont nous voulions observer l'effet curatif éventuel sur la dénutrition provoquée par l'hypervitaminose.

Lot II. — Trois animaux (un dont le poids est stabilisé, deux en chute de poids), reçoivent quotidiennement $200^{\mu g}$ de *thiamine* (vitamine B_1) par voie sous-cutanée. Effet nul : aucune reprise de croissance, les courbes de poids continuent d'être identiques à celles des témoins.

Lot III. — Cinq animaux (deux dont le poids est stabilisé, trois en chute de poids) reçoivent quotidiennement $250^{\mu g}$ de *riboflavine* (vitamine B_2) par voie sous-cutanée. La croissance reprend lentement (durant 10 à 30 jours) ou bien la chute de poids s'interrompt immédiatement; mais l'effet curatif demeure très limité dans le temps.

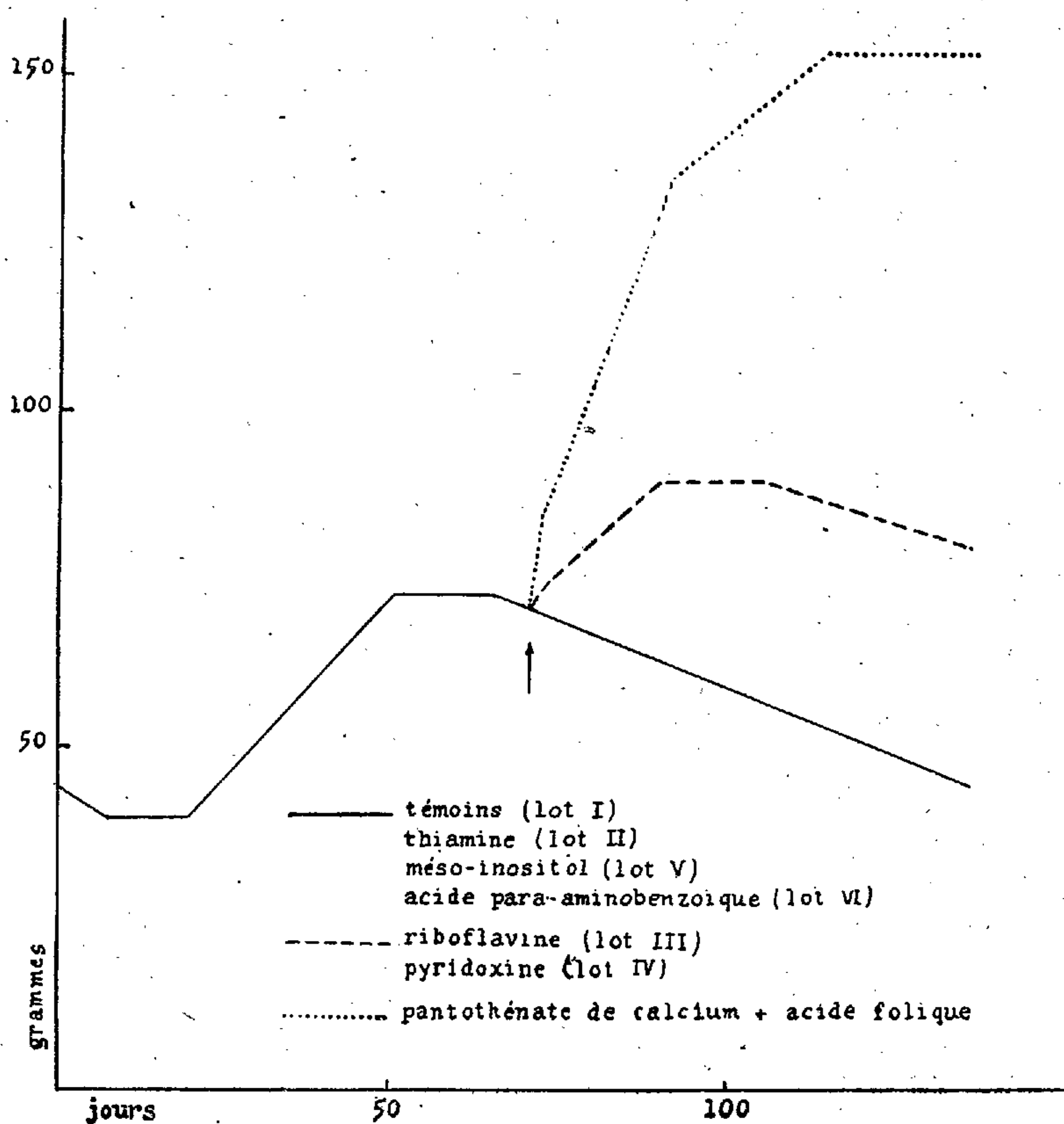
Lot IV. — Cinq animaux (deux dont le poids est stabilisé, trois en chute de poids) reçoivent quotidiennement $250^{\mu g}$ de *pyridoxine* (vitamine B_6) par voie sous-cutanée. Effet favorable, mais limité dans le temps, pratiquement identique à celui de la riboflavine.

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 399.

(2) A ce moment, les troubles physiopathologiques de l'hypervitaminose que nous avons décrits précédemment n'étaient pas encore apparus.

Lot V. — Trois animaux (deux dont le poids est stabilisé, un en chute de poids) reçoivent quotidiennement 10^{mg} de méso-inositol par voie sous-cutanée. Effet nul, comme pour la thiamine.

Lot VI. — Trois animaux (un dont le poids est stabilisé, deux en chute de poids) reçoivent dans leur régime 0,1 % d'acide para-aminobenzoïque [3]. Effet nul, comme pour la thiamine et le méso-inositol.



Il est donc vraisemblable que l'hypervitaminose PP entraîne, non seulement une carence indirecte en acide pantothénique, mais aussi en riboflavine et en pyridoxine. De toutes manières, il ne peut cependant s'agir là que d'un effet d'importance très secondaire, par rapport à celui qu'exerce l'hypervitaminose PP sur le métabolisme de l'acide pantothénique : ainsi que le prouve notre graphique, l'effet favorable du pantothénate de calcium accompagné d'acide folique, chez les animaux dont le régime contient de fortes doses d'amide nicotinique, est beaucoup plus net et durable que celui de la vitamine B_2 ou de la vitamine B_6.

([3]) La faible solubilité de l'acide para-aminobenzoïque nous a empêchés de l'administrer par voie-sous-cutanée, comme nous l'avons fait pour les autres vitamines.

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *L'interattraction chez l'Abeille.*
Note de M. **Jean Lecomte**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Lorsqu'on disperse 300 ouvrières d'*Apis mellifica* endormies à l'anhydride carbonique, au fond d'une caisse de bois, elles se réunissent en une grappe unique au bout d'un temps qui, dans les conditions de l'expérience, varie entre 1 heure 15 et 3 heures 15. Le processus de la formation de la grappe est toujours le même : les Abeilles, dès leur réveil, se réunissent en petits groupes, qui eux-mêmes s'agglomèrent pour réaliser la grappe unique. La température ne semble pas, dans des limites physiologiques, influencer la vitesse de formation de cette grappe; par contre, le nombre des Abeilles présentes joue un rôle certain : si 75 ouvrières forment encore la grappe dans tous les cas, 50 ne la forment plus que dans environ 50 % des cas et des Abeilles en nombre inférieur restent toujours en ordre dispersé ou en petits groupes ayant tout au plus 3 ou 4 individus.

Une attraction très nette des individus isolés par un groupe est facile à mettre en évidence : si, dans le fond de la caisse, on dispose deux petites cages grillagées, l'une contenant des Abeilles, l'autre vide servant de témoin, on observe que les Abeilles déposées endormies entre les deux cages viennent toujours se masser sur celle qui est habitée, mais à condition que le nombre des individus dispersés soit assez élevé. En effet, s'il y a dans la cage 150 Abeilles jouant le rôle d'*appelants* et à l'extérieur un nombre égal ou supérieur à 50 Abeilles, la grappe unique se forme toujours sur la cage des appelants; avec 10 à 50 Abeilles mises à l'extérieur, la grappe unique se forme mal. En général, il y a deux amas, le plus important sur la cage des *appelants*, le moins important sur la cage témoin, et l'on observe de nombreux isolés. Si le nombre d'Abeilles est encore plus restreint, on ne décèle plus d'attraction pour la cage des appelants.

Cette attraction se manifeste de la même manière lorsque les *appelants* et les *appelés* appartiennent à deux colonies différentes.

Enfin, le phénomène n'est en aucune façon perturbé si la cage des *appelants* est à double paroi; il s'agit donc d'un phénomène d'interattraction ayant pour point de départ un stimulus agissant à distance.

La première hypothèse à envisager était celle d'un stimulus olfactif : pour tenter de le mettre en évidence, on fit déboucher dans la caisse, à une de ses extrémités, un courant d'air ayant circulé au milieu d'un paquet d'Abeilles; à l'autre extrémité arrivait un courant d'air témoin. Les résultats furent toujours négatifs; jamais les Insectes ne montrèrent de préférence pour le courant d'air supposé chargé d'odeur d'Abeilles. Plusieurs essais effectués dans 5 types différents d'olfactomètres furent également infructueux. De plus, en aucun cas,

on n'a pu mettre en évidence une attraction par des Abeilles mortes, sacrifiées soit par décapitation, broyage ou congélation. Enfin une cage vide ayant contenu longtemps des Abeilles vivantes ne s'est pas montrée attractive.

On a ensuite envisagé l'hypothèse d'un stimulus vibratoire. Pour écarter la possibilité de la transmission de celui-ci par le sol, on a suspendu à environ $0^{mm},5$ du sol la cage contenant les *appelants*. On a pu constater, dans ces conditions, que la grappe ne se formait plus sur la cage contenant les Abeilles; un morceau d'ouate interposé entre le sol et la cage amena un résultat identique.

Cependant, on doit signaler deux expériences en contradiction apparente avec les précédentes. Dans la première, les *appelants* se trouvent dans une boîte métallique en communication avec l'atmosphère du laboratoire, mais non avec celle de la caisse où se trouvent les *appelés*; cette boîte métallique ne constitue pas un obstacle au passage de vibrations, cependant la grappe dans ces conditions ne se forme pas sur la boîte métallique. Dans une deuxième expérience, on avait placé entre les deux parois d'une cage grillagée du type ordinaire, contenant des Abeilles, un écran de papier obstruant les quatre-cinquièmes de la surface du cylindre constitué par la cage; il ne semble pas non plus que le papier soit de nature à intercepter des vibrations, cependant, dans tous les cas, les Abeilles situées à l'extérieur se sont groupées en face du secteur non obstrué par le papier.

Ces quelques expériences montrent que l'interattraction chez l'ouvrière est provoquée par un ensemble de stimuli variés, dont l'un au moins est de nature vibratoire (les Abeilles contenues dans la cage émettent des vibrations dont la fondamentale se situe aux environs de 30 Hz comme on l'a vérifié à l'aide d'un vibrotacteur), ce qui n'exclut pas l'intervention possible d'autres stimuli, jouant plus ou moins suivant les conditions expérimentales.

Enfin le stimulus attractif, ou mieux le faisceau de stimuli, n'est pas significatif pour l'Abeille, quand celle-ci n'est pas intégrée à une foule suffisamment nombreuse.

IMMUNOLOGIE. — *De l'influence des suspensions de* Bacillus abortus *sur l'accroissement de l'immunité engendrée par l'anatoxine staphylococcique.* Note (*) de MM. **Rémy Richou**, **Claude Gerbeaux** et Mlle **Jacqueline Schlaepfer**, présentée par M. Gaston Ramon.

Au cours d'essais entrepris récemment avec G. Ramon et J. P. Thiéry, nous avons montré que les suspensions de *B. abortus* tué par le formol et la chaleur peuvent jouer le rôle de substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité [1]

(*) Séance du 17 octobre 1949.

[1] Pour la bibliographie consulter, par exemple, G. Ramon, R. Richou, J.-P. Thiéry et C. Gerbeaux, *Revue d'Immunologie*, 13, 1949, nos 5-6, p. 301.

et entraîner un accroissement de l'immunité spécifique développée chez l'animal en expérience à la suite d'injections d'anatoxine tétanique (²).

Dans une nouvelle série d'expériences nous avons recherché si les suspensions de *B. abortus* étaient capables de stimuler également l'immunité antitoxique provoquée par l'anatoxine staphylococcique.

Voici l'un de nos essais.

Douze lapins, dont le sérum ne renfermait aucune trace d'antitoxine staphylococcique d'origine naturelle, sont répartis en deux séries. Les animaux de la première série reçoivent, à 5 jours d'intervalle, 3 injections de 2, 3 et 4^{cm^3} d'une anatoxine staphylococcique titrant 10 unités antigènes au centimètre cube et diluée au 1/2 avec de l'eau physiologique. Les animaux de la deuxième série reçoivent, dans les mêmes conditions, 2, 3 et 4^{cm^3} de la même anatoxine diluée au 1/2 avec une suspension de *B. abortus*.

La suspension est préparée de la façon suivante. La souche de *B. abortus* est ensemencée sur gélose inclinée. Après 24 heures de culture, les germes sont raclés et mis en suspension dans de l'eau physiologique ($1^{cm^3},5$ d'eau physiologique par tube de gélose). La suspension est additionnée de 2‰ de formol et laissée à l'étuve à 37° pendant 5 jours.

Tous les animaux sont saignés 7 jours après la dernière injection et l'antitoxine staphylococcique est titrée, par la méthode hémolytique, dans chaque sérum séparément et dans le mélange des sérums de chaque série. D'autre part, les agglutinines spécifiques sont recherchées dans le mélange des sérums des lapins ayant reçu les suspensions de *B. abortus*. Les résultats obtenus sont enregistrés dans le tableau ci-dessous.

Antigène injecté.	N° des lapins.	Antitoxine staphylococcique (en unités internationales) après la 3ᵉ injection.	Taux des agglutinines anti-*abortus* avant injection.	Taux des agglutinines anti-*abortus* après injection.
Anatoxine seule	0-25	+ 1-3	–	–
	20-25	+ 5-7	–	–
	22-25	+ 5-7	–	–
	24-25	+ 1-2	–	–
	26-25	5	–	–
	4-26	0-5	–	–
	Mélange	+ 2-3	–	–
Anatoxine + *B. abortus*	97-26	+ 7-10	–	–
	95-26	+15-20	–	–
	9-25	+15-20	–	–
	12-25	+15-20	–	–
	31-25	+ 7-10	–	–
	13-25	+ 3-5	–	–
	Mélange	+10-15	0	1/6000ᵉ

Il ressort de ces résultats que, par rapport à l'anatoxine staphylococcique seule, les mélanges d'anatoxine staphylococcique et de suspension de *B. abortus*

(²) G. Ramon, R. Richou, J.-P. Thiéry et C. Gerbeaux, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1678; 229, 1949, p. 278.

provoquent une augmentation très nette de l'immunité antistaphylococcique, surtout si l'on tient compte, comme il est de règle en pareil cas, du nivellement du taux d'antitoxine qui se produit lorsqu'on effectue plusieurs injections d'antigène.

Ces données expérimentales sont importantes du point de vue pratique.

Elles peuvent être, en effet, appliquées directement chez les animaux, à l'immunisation simultanée contre l'intoxication staphylococcique et contre l'avortement épizootique. Elles peuvent inciter également à utiliser par voie générale le mélange d'anatoxine staphylococcique et de *B. abortus* dans le traitement des maux de garrot du Cheval qui, aux dires de certains auteurs, relèvent parfois des brucelles. Enfin, étant donnée l'analogie qui existe entre les anavirus et les anatoxines, nos constatations, jointes à celles faites antérieurement ([3]), peuvent conduire à la réalisation de *vaccinations associées* à la fois contre des maladies à ultra-virus telles que la fièvre aphteuse et contre d'autres infections animales, par exemple celles qui sont dues au *B. abortus*.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h50m.

L. B.

([3]) *Loc. cit.*

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 2 NOVEMBRE 1949.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **EMMANUEL DE MARTONNE**, rendant compte des travaux de la *Conférence scientifique sur la conservation et l'utilisation des ressources naturelles* réunie à Lake Success par le CONSEIL ÉCONOMIQUE ET SOCIAL DE L'ORGANISATION DES NATIONS UNIES et où il a représenté l'Académie, s'exprime en ces termes :

Comme les Conférences déjà réunies dans les mêmes conditions, celle-ci paraît avoir visé des résultats économiques intéressant les grandes masses.

Évidemment les organisateurs n'escomptaient pas des changements immédiats : amélioration des rendements, découvertes de procédés industriels nouveaux ou même de matières premières de substitution. La plupart des délégués de pays d'ancienne civilisation étaient des chefs de service de ministères ou de grandes exploitations agricoles. Ils n'en étaient pas moins sensibles au jeu de frein des conditions sociales, des habitudes enracinées, de l'énorme mise de fonds exigée. Les organisateurs en ont eu eux-mêmes le sentiment en avertissant les auteurs de communications qu'il n'appartenait pas à la Conférence de formuler des vœux adressés aux gouvernements.

Ils ont aussi reconnu que tout aménagement nouveau a ses risques et ses frais, à mettre en balance avec ses avantages; que d'ailleurs il est rare d'avoir à faire à un complexe pouvant être considéré isolément, qu'au contraire la loi générale est l'interdépendance des phénomènes; point de vue qu'ils ont désiré voir traiter en séance plénière par l'un des délégués français, en même temps qu'était souligné l'intérêt du point de vue géographique, propre à rappeler le sens des variations et des limites.

Il semble donc qu'une sorte de philosophie pratique des sciences de la nature doive se dégager des procès-verbaux de la Conférence. Même si les résultats ne répondaient pas à tous les espoirs des organisateurs, elle laissera comme trace un ébranlement d'habitudes conduisant à des voies dangereuses et l'ouverture d'horizons permettant des améliorations utiles au progrès.

ASTRONOMIE. — *Sur l'éclipse totale de Lune du 7 octobre 1949.* Note (*) de M. **Ernest Esclangon.**

L'observation de l'éclipse totale de Lune du 7 octobre a pu être faite en Haute-Provence, dans des conditions extrêmement favorables, par un ciel d'une transparence incomparable.

J'ai suivi personnellement les phases du phénomène à Mison (Basses-Alpes) et il m'a semblé qu'un des caractères essentiels de cette éclipse était sa dissymétrie, se traduisant par une inégalité de répartition exceptionnellement marquée dans l'intensité et la coloration de l'ombre projetée sur la Lune.

Avant la totalité, alors que la ligne joignant le centre de la Lune au centre de l'ombre n'était pas très éloignée de la verticale, le bord droit de la Lune situé dans l'ombre, conservait un éclairement extrêmement notable fortement teinté de rouge (teinte chaudron), alors que le bord gauche, symétrique du premier par rapport à la ligne des centres, conservait une teinte grisâtre et plombée d'intensité incomparablement moindre.

Au cours de la totalité, alors que les bords lunaires se rapprochaient davantage du centre de l'ombre, la dissymétrie s'est atténuée, mais les parties les plus centrales de l'ombre conservaient une forte teinte rougeâtre en opposition nettement tranchée avec la teinte grise plombée des régions plus voisines des bords.

Ces circonstances, la dissymétrie notamment, sont sans doute attribuables aux inégalités de l'atmosphère terrestre le long du cercle d'illumination de la Terre, lequel au surplus, étant donnée la date encore voisine de l'équinoxe, ne passait qu'à quelques degrés (5°) des pôles terrestres. Cela peut se traduire, toutes choses égales d'ailleurs, par des inégalités de l'ombre, symétriques par rapport au plan passant par le Soleil et l'axe de la Terre ([1]), phénomène pouvant être d'autant plus marqué que la date de l'éclipse est plus rapprochée des époques équinoxiales. Les inégalités dissymétriques d'éclairement de l'ombre sur la Lune seraient alors, dans leur répartition, sous la dépendance de la manière dont le disque lunaire aborde et traverse l'ombre terrestre.

Dans la phase partielle succédant à la totalité, la dissymétrie a été moins marquée toutefois que dans la phase antérieure correspondante.

M. **Waclaw Sierpinski** fait hommage du tome XXI, fascicule II, des *Annales de la Société polonaise de mathématique,* qui lui a été dédié à l'occasion de son *Jubilé.*

(*) Séance du 17 octobre 1949.

([1]) C'est-à-dire, dans le ciel au moment de l'éclipse, passant par les pôles célestes et le centre de l'ombre.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre des Finances** invite l'Académie à désigner deux de ses Membres qui occuperont, dans la *Commission de contrôle de la circulation monétaire;* les places vacantes par l'expiration des pouvoirs de MM. *Marcel Delépine* et *Paul Lebeau*.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la Chaire de Radioélectricité (Oscillations électriques et applications), vacante au Conservatoire National des Arts et Métiers.

(Renvoi à la Section de Physique générale.)

Sur la demande de M. le Président de l'**Alliance Française**, le patronage de l'Académie est accordé à l'œuvre de reconstitution de l'*École de médecine de Santiago du Chili*.

Le Comité exécutif du **Xe Congrès Ornithologique International** invite l'Académie à se faire représenter à ce Congrès, qui aura lieu à Uppsala, du 10 au 17 juin 1950.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Éphémérides nautiques ou extrait de la Connaissance des Temps pour l'an* 1950. Ouvrage publié par le Bureau des Longitudes, spécialement à l'usage des marins.

2° Herman Nielsen. *Le principe vital*. Traduit du danois par l'auteur et M. Jacques Fiszer.

ANALYSE FONCTIONNELLE. — *Remarques sur la pseudo-topologie et sur les fonctionnelles linéaires*. Note de M. **Otton Martin Nikodým**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. Nous reprenons les notations et les dénominations des trois Notes précédentes (1). La priorité d'introduire les pseudo-topologies pour en déduire des représentations spéciales des fonctionnelles linéaires appartient à A. D. Alexandroff qui, dans trois Mémoires (*Rec. Math., Mat. Sbornik*, 8, 1940; 9, 1941 et 13, 1943), *Additive set-fonctions in abstract spaces*) a étudié les pseudo-topologies d'une manière détaillée. Mais il ne considère que les intégrales basées sur

(1) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 16, 169, 288.

une mesure spéciale μ (*charge*) satisfaisant à la condition de *régularité* suivante (Carathéodory) : si a est un ensemble appartenant à l'extension booléenne de ps.-top. G et, si $\varepsilon > 0$, il existe un $g \in G$ tel que $|\mu(a) - \mu(g)| < \varepsilon$, tandis que les intégrales de Fréchet, considérées par nous, sont basées sur une mesure réelle simplement additive et bornée, la plus générale. Ainsi, nous avons obtenu toutes les représentations intégrales des fonctionnelles linéaires, tandis qu'il a obtenu des théorèmes d'unicité pour ses représentations intégrales. Dans la première Note, nous avons souligné l'importance des fonctions pseudo semi-continues et les théorèmes (deuxième Note) sur les diverses classes de fonctions différents de ceux d'Alexandroff. Au n° 3 de la deuxième Note ajoutons que lorsqu'une *fonction est σ-sommable*, l'intégrale peut être aussi définie d'une manière classique lebesguienne.

2. On pourrait, au lieu de considérer des classes d'ensembles, développer des pseudo-topologies pour les éléments d'une tribu abstraite de Boole et, même, en suivant M. A. Pereira Gomes (*Noçao de funcional en espaços sem pontos*, Porto, 1946), des treillis (lattices) abstraits. Dans ces cas les fonctionnelles (les nombre-fonctions de fonction) doivent être remplacées par des nombre-fonctions des êtres fonctionoïdes (*cf.* O. Nikodym, *Comptes rendus*, 226, 1948).

3. Dans cet ordre d'idées on obtient le théorème suivant :

Soit (B) *une tribu simplement additive de Boole dont les éléments sont des sous-ensembles d'un ensemble* $1 \neq 0$, *soit* $\mu(a) \geq 0$ *une mesure simplement additive et bornée sur* (B), $[\mu(1) > 0]$ *et soit* $\Phi(a)$ *une fonction simplement additive et bornée sur* (B) *telle que, lorsque* $a_1 \supseteq a_2 \supseteq \ldots$, $\lim \mu(a_n) = 0$, *on a* $\lim \Phi(a_n) = 0$. *Dans ces conditions il existe un être fonctionoïde* φ *sur* (B), [*obtenu par la complétion de l'ensemble des agrégats basée sur la norme* $|\Sigma_i \lambda_i a_i| = (\Sigma_i |\lambda_i| \ \mu(a_i)^{1/2})$] *tel que* $\Phi(a) = \int_a \varphi^d \mu$. *La réciproque est aussi vraie.*

Ce théorème, prouvé par MM. S. Bochner et R. S. Phillips (*Ann. of Math.*, 42, 1941) sous une autre forme, peut être démontré ainsi. Il suffit de considérer le cas où $\mu(a) = 0$ entraîne $a = o$. On démontre que si $b_1 \supseteq b_2 \supseteq \ldots$, $b_n \in (B)$ entraîne $\lim \Phi(b_n) = 0$ pour toutes les suites $\{b_n\}$, alors on a aussi $\lim \Phi^*(b_n) = 0$ où Φ^* est la variation de Φ. Soit (B_1) l'extension de M. H. M. Mac Neille (*Proc. Nat. Ac. Sc. U. S. A.*, 24, 1938) de (B), obtenue par le procédé de complétion, basée sur la distance $|a, b| = \mu(a-b) + \mu(b-a)$ de a, $b \in (B)$. La tribu (B_1) est dénombrablement additive, et la mesure $\mu_1(\alpha)$ prolongée $[\alpha \in (B_1)]$ est aussi dénombrablement additive. La fonction $\Phi(a)$ se prolonge à (B_1), en devenant aussi dénombrablement additive. En appliquant un théorème de M. J. M. H. Olmsted (*Trans. Ann. Mat. Soc.*, 51, 1942), on obtient le théorème dérivé.

4. L'intégrale de Stieltjes $\int_0^1 f(x)\,dg(x)$, où $f(x)$ est continue et $g(x)$ à variat. bornée sur $<0, 1>$, n'est basée sur aucune mesure. Or, on peut la représenter par une intégrale de Fréchet $\int_{<0,1>} f(x)\,d\mu$ [où μ est simplement additive et bornée sur la tribu (T) de tous les sous-ensembles boréliens E

des $< 0, 1 >$], et de beaucoup de manières. En effet, soit $a_1 > a_2 > \ldots \to 1/2$ une suite de points de $(0, 1)$, soit (M) la tribu de tous les sous-ensembles α de l'ensemble $A = \{a_n\}$ et, $I^{(1)} \neq I^{(2)}$ deux idéaux premiers de (M) où $(a_n) \in I^{(1)}.I^{(2)}$, $(n = 1, 2, \ldots)$. Si l'on pose $\nu^{(i)}(\alpha) = 0$ ou 1, selon le cas où $\alpha \in I^{(i)}$, ou bien $\alpha \,\overline{\in}\, I^{(i)}$, on obtient une mesure $\nu^{(i)}$ additive (A. Tarski, *Fund. Math.*, 15, 1930). Posons, pour les $E \in (T)$, $\mu^{(i)}(E) = \nu^{(i)}(E.A)$ et, posons $\mu_1(E) = \mu^{(1)}(E) - \mu^{(2)}(E)$. On obtient $\int_{<0,1>} f(x)\, d\mu_1 = 0$ pour toute $f(x)$ continue. D'autre part, en posant $g_1(x) = g(x + 0)$, on a $\int_0^1 f(x)\, dg(x) = \int_1^1 f(x)\, dg_1(x)$ pour tout $f(x)$ cont. Si l'on pose $\mu'_2(p, q > = g_1(q) - g_1(p)$, la fonction μ'_2 peut être prolongée sur (T) de manière à devenir une fonction $\mu_2(E)$ dénombrablement additive d'ensemble, (O. Nikodým, *Ann. Soc. Pol. Mat.*, 18, tirages parus en 1939, volume en 1945) et l'on a $\int_0^1 f(x)\, dg_1(x) = \int_{(0,1)} f(x)\, d\mu_2$ où la dernière intégrale est de Fréchet. Il en résulte que $\int_0^1 f(x)\, dg(x) = \int_{(0,1)} f(x) d(\mu_1 + \mu_2)$. Le nombre d'idéaux premiers étant 2^c où $c = 2^{\aleph_0}$ (A. Tarski), il en résulte qu'il y a au moins autant de représentations pour les $f(x)$ continues. Remarquons que si $\sigma_1(E) \not\equiv \sigma_2(E)$, il existe une fonction $h(x)$ *borélienne* telle que $\int_{(0,1)} h\, d\sigma_1 \neq \int_{(0,1)} f\, d\sigma_2$.

TOPOLOGIE GÉNÉRALE. — *Double limite et prolongement.*
Note (*) de M. **Antoine Appert**, présentée par M. Élie Cartan.

N. Bourbaki et J. Dieudonné (1) ont démontré un théorème dit de la double limite et un théorème dit du prolongement pour les fonctions abstraites définies dans certains espaces topologiques. Notre but est d'étendre ces théorèmes à des espaces plus généraux.

1. *Préliminaires.* — Nous renvoyons à une Note antérieure (2) pour la terminologie admise dans les *espaces topologiques généralisés* ou *espaces* (P, 𝔙). Nous rappelons (2) que les *espaces* ($\mathcal{V}$) de M. Fréchet (2) sont identiques aux espaces (P, 𝔙) vérifiant les axiomes I, II et III. Nous appelons *espace* ($\mathcal{V}_{\xi\eta}\ldots$) tout espace ($\mathcal{V}$) vérifiant des axiomes ξ, η, ... Nous envisageons les axiomes suivants :

T (*axiome de transitivité topologique*). *Si un point a est contigu à un ensemble de points contigus à un ensemble* E, *alors a est contigu à* E.

α. *Pour tout ensemble* E *de points, on a* : $\overline{\overline{E}} = \overline{E}$.

D (*axiome de distributivité topologique*). *Tout point contigu à la réunion de deux ensemble est contigu à l'un au moins d'entre eux.*

T_1. *Si un point a est distinct d'un point b, alors a n'est pas contigu à l'ensemble ayant b comme unique élément.*

T'_3. *Si un point a n'est pas contigu à un ensemble* E, *il existe deux entourages* (3) *de a et de* E *respectivement qui sont disjoints.*

(*) Séance du 24 octobre 1949.

(1) *Notes de tératopologie* (II); *Revue scientifique*, 1939, p. 180-181. *Voir* aussi N. Bourbaki, *Topologie générale* (III), 1940, p. 49-50 et p. 34-38, Paris.

(2) A. Appert, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 986-988.

(3) On appelle *entourage* d'un ens. E. tout ens. qui est un entourage de chaque point de E.

Mentionnons les propriétés suivantes : Dans tout espace $(P, \mathfrak{C})$ vérifiant I, on a [4] $T \rightleftharpoons [III \& \alpha]$. Donc, les espaces $(\mathcal{V}_T)$ coïncident avec les espaces $(\mathcal{V}_\alpha)$.

Les espaces $(\mathcal{V}_{TD})$ coïncident avec les « espaces topologiques » de N. Bourbaki [1]. Les espaces $(\mathcal{V}_{TDT_1})$ coïncident avec les *espaces accessibles*.

Les espaces $(\mathcal{V}_{TDT_1T'_3})$ coïncident avec les *espaces réguliers*.

Nous venons de donner de ces divers espaces des définitions portant très directement sur la *relation de contiguïté* $\mathfrak{C}$ prise comme *terme primitif*.

2. *Limite*. — Dans le présent paragraphe, P et Q désigneront deux espaces $(\mathcal{V})$ distincts ou non; E désignera un ensemble et a et b deux points tels que $E \subset P$, $a \in P$ et $b \in Q$; enfin $f(x)$ désignera une fonction définie pour tout $x \in E$ et prenant ses valeurs dans Q [rien n'empêche que $f(x)$ soit aussi définie pour d'autres valeurs de x]. Nous dirons que :

$b = \lim_{x \succ a,\, x \in E} f(x)$, si les conditions l_1 et l_2 suivantes sont vérifiées :

l_1 : *a est contigu à* E.

l_2 : *Pour tout ensemble $e \subset E$ tel que a soit contigu à e, b est contigu à $f(e)$.*

La condition l_2 équivaut [5] à la condition l'_2 suivante :

l'_2 : *Pour tout entourage I_b de b, il existe un entourage I_a de a tel que :*

$$f(E.I_a) \subset I_b.$$

La limite envisagée n'est pas nécessairement unique, du moins dans les espaces très généraux où nous nous plaçons [1].

3. *Double limite*. — Dans le présent paragraphe, P, Q et R désigneront trois espaces $(\mathcal{V})$ distincts ou non; E et F désigneront deux ensembles, et a, b et c trois points tels que $E \subset P$, $F \subset Q$, $a \in P$, $b \in Q$ et $c \in R$; enfin $f(x, y)$ désignera une fonction définie pour tous $x \in E$ et $y \in F$ et prenant ses valeurs dans R [rien n'empêche que $f(x, y)$ soit aussi définie pour d'autres valeurs de x et y]. Nous dirons que :

$$c = \lim_{\substack{x \succ a,\, x \in E \\ y \succ b,\, y \in F}} f(x, y) \tag{1}$$

si les trois conditions suivantes sont vérifiées : a est contigu à E; b est contigu à F; pour tout entourage I_c de c, il existe un entourage I_a de a et un entourage I_b de b tels que : $f(E.I_a, F.I_b) \subset I_c$. Nous avons établi le théorème suivant :

Théorème de la double limite. — *Si* P *est un espace* $(\mathcal{V})$ *quelconque, si* Q *est un espace* $(\mathcal{V}_D)$, *si* R *est un espace* $(\mathcal{V}_{T'_3})$, *si la relation* (1) *ci-dessus est vérifiée et si, pour tout point $x \in E$, il existe un point $g(x) \in R$ tel que :* $g(x) = \lim_{y \succ b,\, y \in F} f(x, y)$, *alors on a :* $c = \lim_{x \succ a,\, x \in E} g(x)$.

4. *Prolongement continu*. — Nous avons établi le théorème suivant :

---

[4] A. Appert, *Bull. Acad. roy. de Belgique*, classe des Sc., 23, 1937, 2, p. 135-142.

[5] L'équivalence $l_2 \rightleftharpoons l'_2$ ne dépend pas de l_1 et a même lieu quand P et Q sont seulement supposés être des espaces $(P, \mathfrak{C})$ vérifiant III.

THÉORÈME DE PROLONGEMENT. — *Soit* P *un espace* ($\mathcal{V}_{TD}$); *soit* Q *un espace* ($\mathcal{V}_{T'_3}$) *distinct ou non de* P; *soit* E *un ensemble* $\subset$ P *et tel que* $\overline{E} = P$; *soit* $f(x)$ *une fonction définie sur* E *et prenant ses valeurs dans* Q. *Supposons que, pour tout point* $a \in P$, *il existe un point* $g(a) \in Q$ *tel que :* $g(a) = \lim_{x \to a, x \in E} f(x)$. *Alors* $g(x)$ *est continue sur* P. *Si de plus* Q *est un espace* ($\mathcal{V}_{T_1 T'_3}$), *alors* $g(x) = f(x)$ *pour tout point* $x \in E$; *et* $g(x)$ *est la seule fonction continue sur* P, *prenant ses valeurs dans* Q *et telle que :* $g(x) = f(x)$ *pour tout point* $x \in E$.

5. *Conclusion.* — Les théorèmes ci-dessus de la double limite et de prolongement généralisent les théorèmes cités de N. Bourbaki et J. Dieudonné ([1]) en ceci que ces auteurs ne s'étaient pas élevés en généralité au-dessus des espaces ($\mathcal{V}_{TD}$). Ceci permet en particulier des applications à ceux des espaces ($\mathcal{L}$) où l'axiome T n'est pas vérifié. Notons que T'_3 équivaut dans tout espace (P, $\mathfrak{T}$) vérifiant III, et donc aussi dans tout espace ($\mathcal{V}$), à l'axiome T''''_3 suivant :

T''''_3. *Pour tout point a et tout entourage* I_a *de a, il existe un entourage* J_a *de a tel que* $\overline{J}_a \subset I_a$.

Les résultats de la présente Note semblent montrer que la forme la meilleure et la plus profonde de l'axiome caractéristique des espaces réguliers est la forme T'_3 ou la forme équivalente T''''_3. Ces formes paraissent préférables aux formes usuelles de cet axiome, auxquelles elles n'équivalent pas toujours.

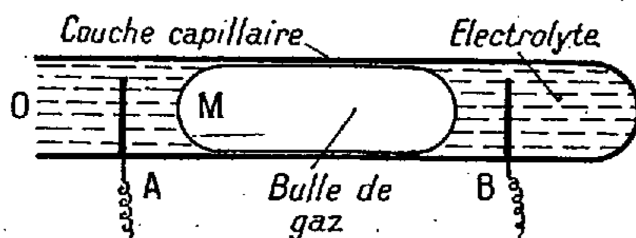
MÉCANIQUE DES FLUIDES APPLIQUÉE. — *Nouvelle méthode pour repérer la position d'un ménisque. Application aux manomètres.* Note (*) de M. **Raymond Comolet**, présentée par M. Joseph Pérès.

Repérer avec précision la position d'un ménisque dans un tube de verre est une opération délicate, surtout si le ménisque n'est pas absolument fixe. En tout cas elle est loin d'être instantanée. Les procédés couramment utilisés consistent à faire des visées optiques, soit d'une pointe amenée au contact de la surface liquide, soit de la caustique du ménisque en éclairage rasant selon la technique due à M. Fortier.

La nouvelle méthode ici exposée permet au contraire de déterminer la position du ménisque d'une manière précise, instantanée et continue. En voici le principe. Lorsqu'un liquide mouillant remplit partiellement un tube de petit diamètre, une couche mince de liquide recouvre les parois du tube au voisinage du ménisque. Cette couche a une épaisseur de l'ordre du micron et sa résistance électrique est élevée, même lorsque le liquide est un électrolyte. Dès lors, si le liquide est contenu dans un tube isolant et que l'on utilise deux

(*) Séance du 17 octobre 1949.

électrodes traversant le tube et situées de part et d'autre du ménisque, tout déplacement de ce dernier entraîne une variation de la résistance électrique comprise entre les électrodes. La détermination de cette résistance permet de repérer la position du ménisque et d'en suivre les déplacements.



Un micromanomètre a été construit sur ce principe. La figure en montre le schéma. Sous l'influence des variations de pression transmise par l'extrémité O du tube à la bulle de gaz, celle-ci change de volume et la résistance électrique R entre les électrodes A et B varie. Un dispositif électrique convenable analogue à ceux qu'utilisent les appareils de mesure à fil résistant, permet de transformer les variations de R en variations de courant ou de tension facilement enregistrables soit au galvanomètre, soit à l'oscillographe. On augmentera considérablement la sensibilité de l'appareil si l'électrode B est disposée au voisinage du ménisque mobile M, dans la couche capillaire. On peut aussi, moyennant certaines approximations, obtenir un courant i directement proportionnel à la pression p à mesurer, et ceci dans un grand intervalle de pressions (¹).

Pour éviter les effets thermiques et les dépôts électrolytiques, il convient de ne faire traverser R que par des courants de faible intensité, il faudra éviter aussi les phénomènes de polarisation.

Un tel manomètre, convenablement amorti, ce qui est facile, permet la mesure des pressions et de leurs variations rapides, car on peut réduire considérablement les effets d'inertie.

NAVIGATION ASTRONOMIQUE. — *Sur une nouvelle conception d'une Table à triple entrée permettant le point à la mer.* Note (*) de M. **Pierre Hugon**, présentée par M. Donatien Cot.

Il est de notoriété que la recherche des éléments du point astronomique à la mer, par le procédé Marcq, n'est résolue de façon heureuse que par les Tables de Navigation dites *à triple entrée* qui, telles les Tables américaines H. O. 214 admettent un quadrillage de la sphère en latitude et longitude. A ce quadrillage inséparable de toute table à triple entrée, on a pensé à substituer un quadrillage en coordonnées horizontales : hauteur et azimut, de façon à atténuer

(¹) *Cf.* Brevet français, *C. N. R. S.* P. V. 575.365 déposé le 13 juillet 1949.

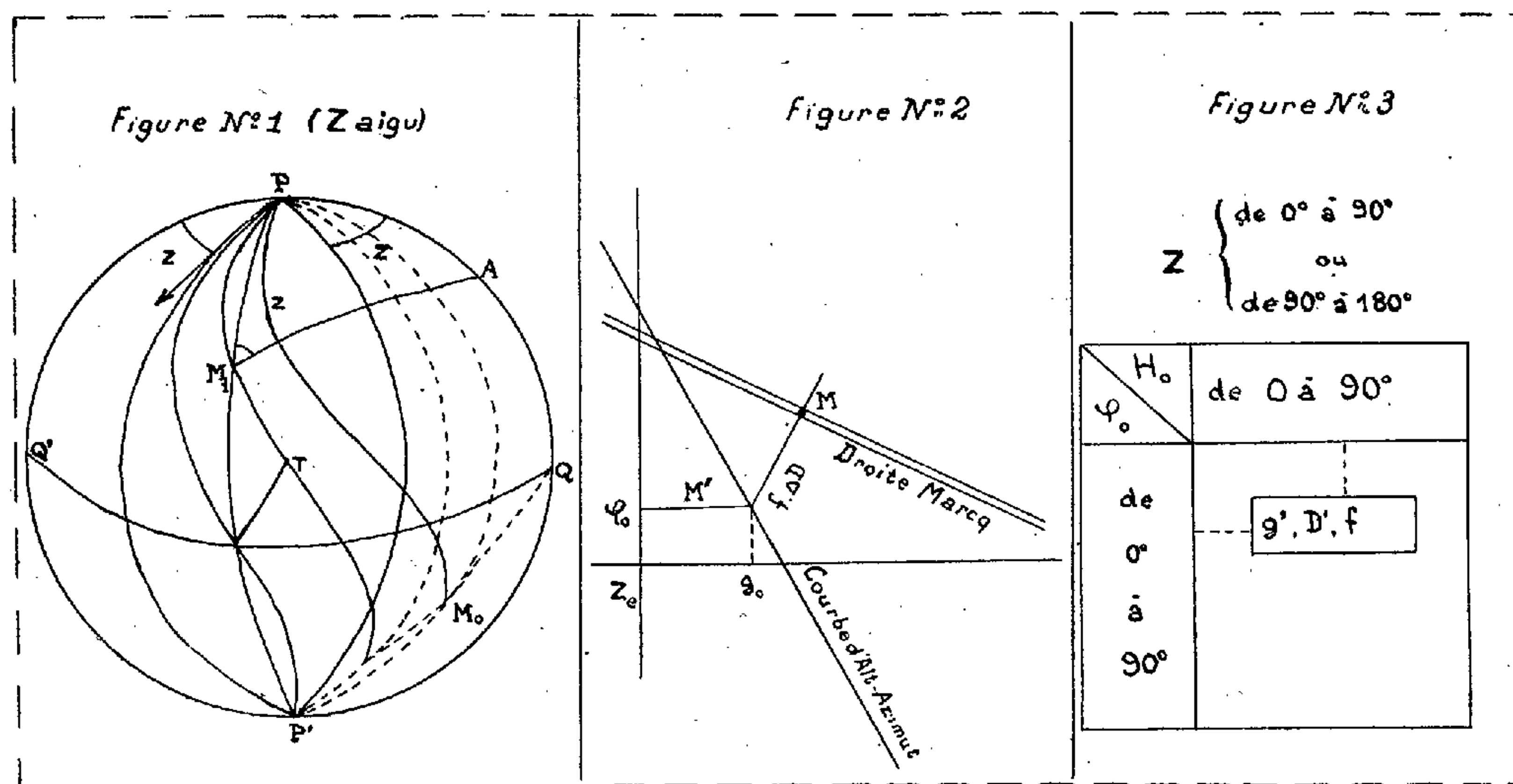
(*) Séance du 24 octobre 1949.

les deux reproches encore encourus par les Tables du type H. O. 214 [1], c'est-à-dire d'une part leur développement relativement volumineux et d'autre part la sujétion de plusieurs interpolations.

Principe du procédé. — L'idée de base est la suivante : si l'on considère les angles horaires comme des longitudes comptées du méridien de l'astre, choisi comme méridien initial, la relation (1) : $\mathrm{Tg}\,H\cos\varphi - \cot g \sin Z = \cos Z \sin\varphi$, représente sur la sphère le lieu des points qui, à un instant donné, ont un astre A situé quelque part sur le méridien initial, à une hauteur H et à un azimut Z.

Or, si la hauteur H étant observée, on se fixe un azimut Z en degrés ronds, par exemple, voisin de l'azimut réel, on peut, pour la valeur de la déclinaison lue dans les catalogues, définir un point de ce lieu qui est aussi sur la courbe de hauteur le point qui a l'astre à cet azimut Z. Ce point est peu éloigné du point exact si Z est voisin de l'azimut réel et il constitue, en tout cas, un point déterminatif qui permet de tracer la tangente à la courbe de hauteur dans ce voisinage.

Courbes d'Alt-Azimut. — Les familles de courbes de la sphère définies par l'équation (1), qu'on appellera courbes d'*Alt-Azimut*, ne semblent pas avoir jusqu'ici attiré l'attention des chercheurs (*fig.* 1). Sur une de ces courbes,



H et Z étant des constantes, un seul point appartient au cercle de hauteur de l'observateur, celui pour lequel le vertical d'azimut Z passe par l'astre placé sur le méridien initial par sa déclinaison D. Les coordonnées φ et g de ce point

(1) H. O. 214. *Tables of Computed Altitude and Azimuth. Hydrographic Office.* Washington, 1941.

sont données par les relations

(2) $\sin D = \sin\varphi \sin H + \cos\varphi \cos H \cos Z,$ et (3) $\sin g = \frac{\cos H \sin Z}{\cos D}.$

L'équation (1) des courbes d'Alt-Azimut peut se mettre sous une forme simple qui apparaît d'ailleurs directement en décomposant, suivant le procédé bien connu, le triangle de position en deux triangles rectangles

$$(4) \qquad \cos(\varphi - \varphi_0) = \frac{\operatorname{tg} g_0}{\operatorname{tg} g},$$

où φ_0 et g_0 sont les coordonnées géographiques du point M_0 qui limite la courbe dans un hémisphère : $\operatorname{tg}\varphi_0 = (-\cos Z/\operatorname{tg} H)$, $\sin g_0 = \cos H \sin Z$. En ce point la courbe est tangente au méridien limite de longitude g_0 et dans l'autre hémisphère, elle est tangente au pôle, au méridien de longitude $\pi - Z$.

Le coefficient angulaire de la tangente à ces courbes : $\operatorname{tg}\theta = \operatorname{tg} D . \sin g . \cos\varphi$ montre que leur inclinaison sur le méridien reste faible, particulièrement dans le cas des astres du système solaire.

Image sur la carte marine. — Il est intéressant de noter l'aspect particulièrement simple de ces courbes sur un canevas de Mercator. Leur équation s'écrit, en effet :

$$(5) \qquad e^{2y} = \frac{\sin(x + x_0)}{\sin(x - x_0)}.$$

Ces courbes admettent comme asymptote le méridien de longitude $\pi - Z$ ou Z, comme point limite le point M_0 défini plus haut et comme point d'inflexion l'intersection avec le méridien de longitude 90°.

Utilisation pratique. — Parmi les diverses façons de tabuler ces courbes en H et Z, l'une d'entre elles paraît particulièrement simple si l'on utilise le principe de la fausse position. Si l'on coupe la courbe d'Alt-Azimut relative à la hauteur H observée ou vraie et à un azimut Z en degrés ronds voisin de l'azimut observé, par un parallèle conventionnel choisi au voisinage du parallèle estimé, le point obtenu M′ est défini par sa longitude g' lue dans la Table en même temps que la déclinaison erronée D′, relative à un astre A′, différent de l'astre A de déclinaison D. Si la différence D′ — D est connue, on voit que le cercle ou la droite de hauteur au lieu de passer par M′ passera par M sur le vertical estimé tel que

$$M'M = (D' - D)\frac{\partial H}{\partial D} = f(D' - D).$$

Le facteur f égal au cosinus de l'angle parallactique A est lu dans la table et MM′ constituera l'intercept unique de la droite tracée ensuite suivant le procédé Marcq habituel (*fig.* 2).

Aspects de la Table. — La Table d'utilisation à triple entrée qui a l'aspect ci-dessus (*fig.* 3) ne comprendra que des arguments en degrés ronds, soit Z en degrés ronds, φ'_0, latitude auxiliaire choisie en degrés ronds aussi voisine

que possible de la latitude estimée et enfin H_0 hauteur auxiliaire prise aussi en degrés ronds, le résidu en minutes s'ajoutant simplement, algébriquement, à l'intercept $f\Delta D$ donné par un carton de multiplication, pour donner l'intercept final.

PHYSIQUE. — *Influence de la nature du dispersant sur les propriétés rhéologiques d'un dépôt de poudre de quartz*. Note de M. **Vsevolod Romanovsky**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai eu l'occasion de montrer (¹) que l'incorporation de quantités, même faibles, d'ions avait pour effet de provoquer un important gonflement d'un dépôt de poudre de quartz de grain moyen de 7 microns.

Par ailleurs, j'ai également montré (²) que les liquides organiques (tels que toluène, benzène, tétrachlorure de carbone, alcools, etc.) avaient pour effet d'augmenter, dans des proportions encore plus importantes, le volume des vides du dépôt de la même poudre de quartz. Je n'ai d'ailleurs pas pu définir les causes de ce phénomène.

Dernièrement (³) j'ai observé : 1° que les propriété rhéologiques d'un dépôt de poudre de quartz variait, dans de larges proportions, quand on incorporait, au dispersant, une certaine quantité de chlorure de sodium; 2° qu'un dépôt de poudre de quartz, en eau bidistillée, se comportait comme un corps plastico-élastique, mais déjà à la limite des corps plastico-inélastiques, d'après la classification de G. W. Scott Blair (⁴).

J'ai pensé qu'il était intéressant de mesurer systématiquement les variations de ces propriétés rhéologiques en incorporant des quantités croissantes de chlorure de sodium. Ce corps a été choisi parce qu'il prédomine dans l'eau de mer. J'ai eu, en effet, l'occasion de constater des différences importantes entre le comportement des sédiments d'eau douce et d'eau de mer.

J'ai utilisé, pour ces expériences, une poudre de quartz dont la dimension des grains variait entre cinq et sept microns. Elle a été obtenue, par sédimentation, à partir d'une poudre de quartz du commerce et électrodialysée pour la débarrasser des ions qui auraient pu être retenus par adsorption.

J'ai utilisé, pour les mesures, le rigidimètre B. F. R. (⁵) modifié (³).

Pour chaque teneur en chlorure de sodium, j'ai mesuré la force déformante F nécessaire pour obtenir le début de la déformation du dépôt de la poudre de

(¹) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 531.
(²) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 278.
(³) *Proceed. Int. Rheol. Cong.*, Holland, 2, 1948, p. 173-8.
(⁴) *A survey of general and applied rheology*, London, 1 vol., 1948, p. 196.
(⁵) *Journ. de Phys.*, 4, 1943, p. 15.

quartz. Cette mesure équivaut ainsi à la détermination de la *yield value* (4) du matériau considéré.

Les essais ont été effectués pour des teneurs en chlorure de sodium successivement égales à 0,001 N, 0,01 N, 0,1 N et 1 N.

Dans chaque expérience, la teneur en eau (par rapport au poids sec) a été mesurée, par pesées.

Ces essais ont permis d'aboutir aux résultats suivants :

Nature du dispersant.	Teneur en ClNa N.	Teneur en eau Ts (%).	Force déformante F (dynes/cm²).
Eau bidistillée	0	24	0,0643
«	0,001	38	0,0428
«	0,01	39	0,0286
«	0,1	46	0,0271
«	1	47	0,0264

On peut tirer de ces résultats les conclusions suivantes :

1° La présence du chlorure de sodium, dans le dispersant, a pour effet de modifier les propriétés rhéologiques (c'est-à-dire la cohésion) du dépôt de poudre de quartz.

2° Cette cohésion diminue à mesure que la quantité de chlorure de sodium augmente.

3° Même pour une très faible incorporation de chlorure de sodium, la cohésion est très fortement diminuée par rapport à celle du dépôt en eau bidistillée (on passe de 0,0643 dyne/cm² pour l'eau bidistillée à 0,0428 dyne/cm² pour une teneur en ClNa de 0,001 N).

4° Dans la courbe de variation de F en fonction de la teneur en ClNa un changement de pente brusque se rencontre entre 0,001 N et 0,01 N.

5° A partir d'une teneur en ClNa supérieure à 0,01 N, les variations de F deviennent assez faibles. Il faut remarquer qu'il est impossible d'augmenter, au delà de N, la teneur en ClNa, car on modifie, dans une trop forte mesure, la densité du dispersant.

6° Il n'existe pas de relation étroite entre la cohésion et la teneur en eau du dépôt.

Il semble donc que les variations de F, en fonction de la teneur en chlorure de sodium du dispersant, aient pour origine des phénomènes électrostatiques modifiant l'adsorption des molécules d'eau par les grains de quartz.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Relations entre le vieillissement d'une peinture sur fond métallique et la variation d'une force électro-motrice.* Note (*) de M. **Raoul Desalme**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. Pour apprécier l'état d'un revêtement protecteur d'un métal après un séjour aux intempéries ou après un vieillissement artificiel, on ne dispose que de moyens subjectifs tels que :

Examen visuel, essai d'adhérence par quadrillage tracé, essai de souplesse par déformation du support, etc.

Suivant ces procédés l'expérimentateur doit attendre un temps assez long pour constater le début de l'usure du revêtement ou de la corrosion du métal.

De premières expériences utilisant la corrosion d'éprouvettes revêtues de peinture (1) ayant été encourageantes, un dispositif expérimental pratique, applicable à des éprouvettes de métaux peints a été réalisé, permettant de fournir des mesures donnant immédiatement une appréciation des usures et de la corrosion.

Le dispositif employé est le montage classique d'une mesure de f. é. m. d'une pile par la méthode du zéro.

Les électrodes de la pile sont, d'une part, un fil de platine et d'autre part, la plaque métallique recouverte de peinture à examiner, au contact d'un électrolyte : eau distillée ordinaire circulant dans une cloche fixée à la plaque peinte (*fig.* 1).

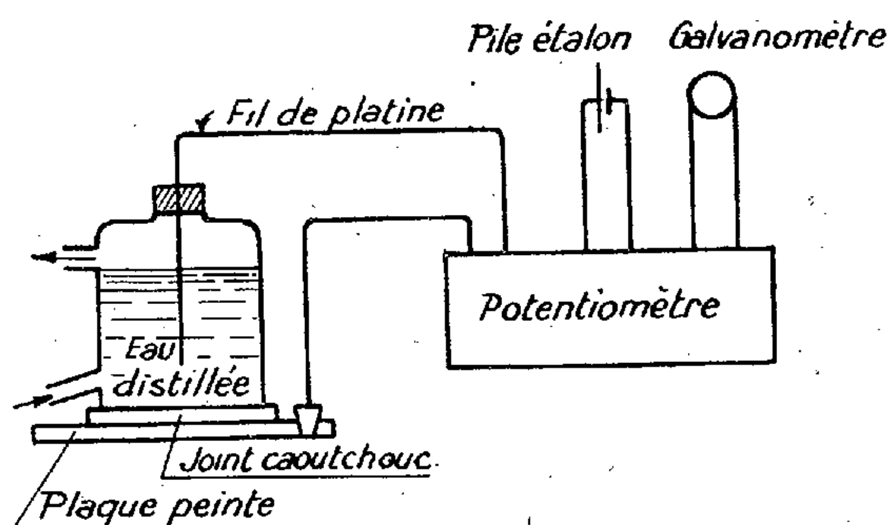


Fig. 1.

De ces nouvelles expériences, le même dispositif a été appliqué en utilisant soit des plaques métalliques nues et décapées, soit des plaques métalliques décapées puis revêtues de peinture.

2. Les mesures de potentiel effectuées avec le même montage, à plusieurs

(*) Séance du 17 octobre 1949.

(1) Vila et Desalme, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 483.

jours d'intervalle, sur une plaque d'acier décapée, puis sur une plaque d'aluminium décapée, ont permis d'établir des courbes dont l'allure indiquait pour chaque métal, la variation de la f. é. m. en fonction de la durée de la corrosion (*fig.* 2).

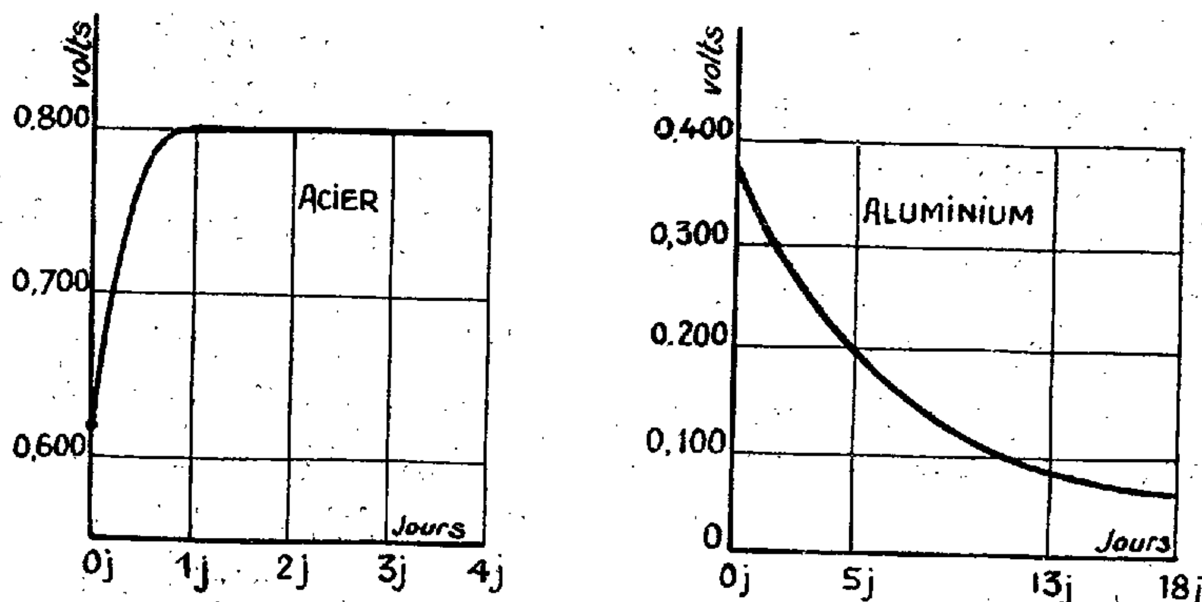


Fig. 2.

Les mesures de f. é. m. effectuées avec les plaques métalliques recouvertes de peinture sont résumées dans les exemples ci-après.

Ces résultats montrent que les métaux recouverts de peintures imperméables sont incapables de produire un effet de pile susceptible de se manifester par une mesure de potentiel. C'est le cas des peintures figurant aux exemples sous la désignation *potentiel zéro*.

Les métaux recouverts d'une peinture perméable ou susceptible de le devenir fournissent des valeurs qui indiquent une f. é. m. tendant vers le potentiel des plaques métalliques nues ou en voie d'oxydation.

Nous donnerons parmi différentes mesures les trois exemples suivants :

1° Peinture anti-rouille bitumineuse (de 0 à 20 cycles d'usure rapide, potentiel zéro; à 30 cycles, potentiel 0,240).

2° Peinture anti-rouille au minium de plomb pur (0 cycle, potentiel 0; 10 cycles, potentiel 0,510; 20 cycles, potentiel 0,520; 30 cycles, potentiel 0,540).

3° Peinture ordinaire à l'huile : (à 0 cycle 0,220 perméable à l'eau; 10 cycles, potentiel 0,620; 20 cycles, potentiel 0,630; 30 cycles, potentiel 0,630).

Dans ces trois exemples le métal de fond est l'acier.

On voit que ces mesures de potentiel permettent de déceler la corrosion d'éprouvettes métalliques recouvertes de peintures anti-oxydes.

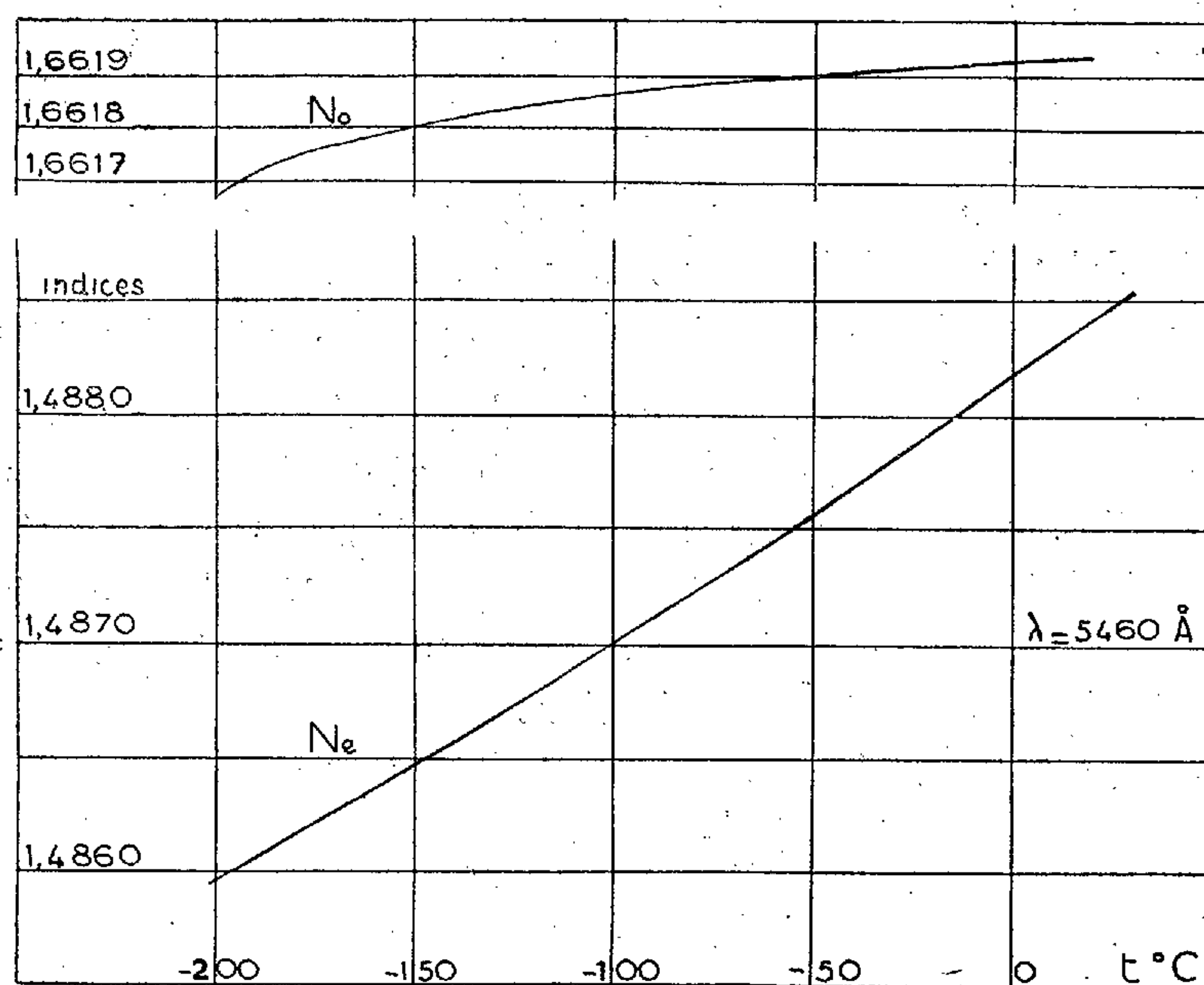
En associant cette mesure sensible à la méthode de vieillissement artificiel des peintures on a maintenant le moyen de détecter très rapidement la valeur de protection des revêtements métalliques.

OPTIQUE. — *Constantes optiques de la calcite à basse température.* Note de M. **Marc Barbaron**, présentée par M. Aimé Cotton.

La calcite doit sa biréfringence, exceptionnellement grande, à la disposition en plaque de ses groupements O_3. La variation thermique de ses indices de réfraction principaux a été étudiée par Reed (1) pour cinq températures différentes entre 2° et 400° C.

On a mesuré ces variations entre la température ordinaire et celle de l'azote liquide pour les trois longueurs d'onde 5790, 5460 et 4046 Å de l'arc au mercure; on utilise la méthode du prisme comme lors des mesures sur le quartz (2). La précision est de $3 \cdot 10^{-5}$.

On a choisi comme point de départ les valeurs $N_0 = 1{,}66193$ et $N_e = 1{,}48840$ des indices absolus à 18° C et pour la raie verte 5460 Å.



Indices absolus de la calcite.

L'indice ordinaire varie d'abord très peu; la pente de la courbe à 0° C est $dN_0/dt = 0{,}05 \cdot 10^{-5}$; la petitesse de l'effet à mesurer fait que l'on trouve des désaccords entre les auteurs; si Fizeau, Reed trouvent 0,07 vers 50°, Micheli indique $0{,}12 \cdot 10^{-5}$.

N_0 varie plus à froid, presque autant que N_e vers $-200°$ C où dN_0/dt

(1) *Ann. der Phys.*, 65, 1898, p. 734.
(2) Barbaron, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1443.

dépasse $0,9.10^{-5}$. Il est à remarquer que la courbe doit présenter un point d'inflexion vers 0° C.

La courbe change très peu avec la longueur d'onde : l'intervalle des courbes pour le vert et le jaune perd seulement 1,5 % de sa valeur, de 0 à — 150°C, la dispersion étant un peu plus petite à froid.

La courbe de N_e est presque rectiligne, sa pente est de $1,0.10^{-5}$ à froid et de $1,2.10^{-5}$ à la température ordinaire. Les autres auteurs trouvent généralement 1,1 et Micheli $1,2.10^{-5}$ pour λN_a.

La dispersion diminue aussi un peu à froid. Là où la variation d'indice pour le vert est de 244.10^{-5}, elle est de 248.10^{-5} pour le violet et de 235.10^{-5} pour le jaune.

La biréfringence est trop élevée pour être mesurée directement, on l'obtient par différence :

t	—200.	—150.	—100.	—50.	0.	18.
N_0	1,66167	1,66180	$1,66187_5$	1,66190	$1,66192_5$	1,66193
N_e	1,48596	1,48646	1,48700	1,48758	1,48818	1,48840
$N_0 - N_e$	0,17571	0,17534	$0,17487_5$	0,17432	$0,17374_5$	0,17353

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption de quelques matériaux optiques dans l'ultraviolet lointain.* Note de Mlle **Andrée Gilles**, MM. **René Bauplé**, **Jacques Romand** et **Boris Vodar**, présentée par M. Jean Cabannes.

Étant donné l'absence presque complète de renseignements quantitatifs sur l'absorption des matériaux optiques dans l'ultraviolet lointain, nous avons été amenés à étudier, avec un appareil déjà décrit ([1]), cette absorption sur des échantillons d'origines diverses. Cependant, la portée de nos résultats est limitée en raison du nombre peu élevé d'échantillons étudiés (en tout une quarantaine) et des irrégularités de fabrication.

Les figures 1, 2 et 3 représentent le coefficient d'extinction

$$K = \frac{1}{x} \log_{10} \frac{AI_0}{I} \quad [1]$$

en fonction de λ pour différents échantillons de fluorures, de corindon et de quartz cristallin, A représentant les pertes autres que l'absorption, x étant en centimètres. La figure 4 donne $\log_{10} K$ en fonction de λ pour des échantillons de quartz fondu d'origines française et allemande. On a calculé K par la méthode des différences pour éliminer A. Pour les fluorures et les quartz, les résultats sont très voisins de ceux obtenus en ne tenant compte que des pertes par réflexion, c'est-à-dire en admettant : $A = (1 - r)^2$ [2], r étant le pouvoir réflecteur donné par Powell ([2]) pour le quartz et calculé par la formule de Fresnel pour FLi et F_2Ca.

([1]) J. Romand, *Thèse*, Paris, 1948; *Ann. Phys.* (en cours d'impression).

([2]) *Phys. Rev.*, 46, 1934, p. 43.

Dans le cas de FLi et F_2Ca, nos mesures (*fig.* 1) se rapportent à des échantillons de fabrication américaine relativement épais (jusqu'à 5^{cm}); elles précisent les résultats antérieurs (³), (⁴) dans le proche Schumann. Nous avons également examiné des cristaux colorés de F_2Ca, de même origine, prélevés dans des rebuts de fabrication. Les cristaux orangés sont plus opaques ($K = 1,7$ à 2130 Å) que les cristaux bleutés ($K = 0,5$ à 2130 Å et $K = 1,6$ à 1540 Å).

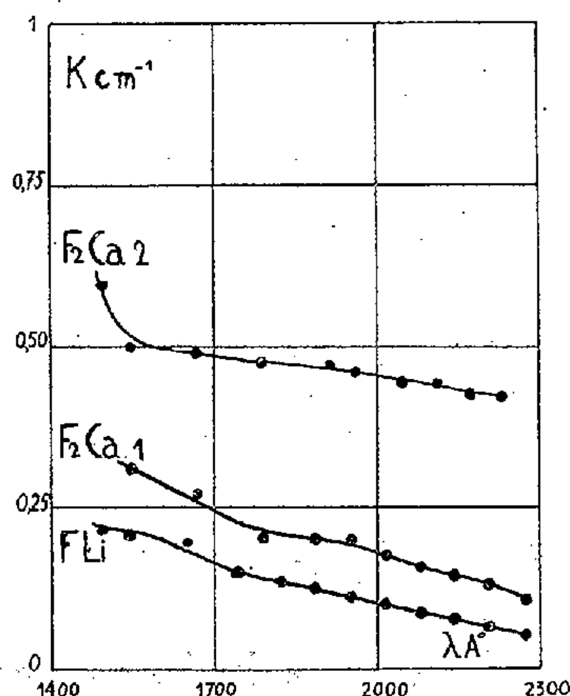


Fig. 1.

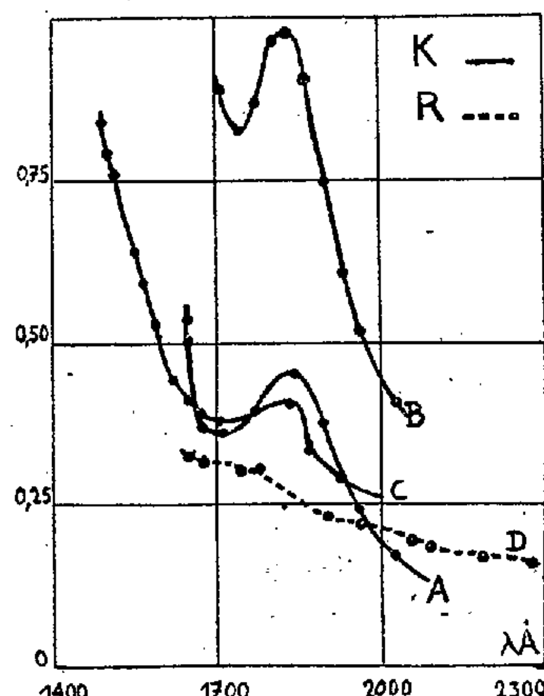


Fig. 2.

Des cristaux artificiels de FLi et de FNa rapportés d'Allemagne en 1946 se sont montrés très absorbants dans la région de Schumann. En dehors des matériaux américains, le seul cristal de FLi utilisable a été celui fabriqué par Granier en 1947 (⁵) dont la transparence sous $0^{cm},1$ s'étend au moins jusqu'à 1334 Å, limite de notre appareillage.

A notre connaissance, il n'a été effectué jusqu'ici aucune étude quantitative de l'absorption du corindon. On mentionne seulement (⁶), (⁷) sa transparence dans l'ultraviolet. Les courbes A et B (*fig.* 2) donnent les valeurs de K obtenues à partir de 3 lames (2 de $1^{mm},31$, 1 de $0^{cm},15$) parallèles à l'axe optique. Les courbes ont un maximum à 1840 Å. En outre, sur la même figure, nous donnons la densité globale $\log I_0/I$ de la lame de $0^{cm},15$ (C) et le pouvoir réflecteur (D) tiré des relations [1] et [2]. Ce dernier croît constamment dans l'ultraviolet et atteint 32 % à 1648 Å, ce qui conduirait, en admettant que la formule de Fresnel s'applique, à $n \# 3,6$ environ.

(³) W. M. POWELL, *Phys. Rev.*, 45, 1934, p. 154.

(⁴) E. G. SCHNEIDER, *Phys. Rev.*, 49, 1936, p. 341.

(⁵) *Dipl. d'Études Sup.*, Paris, 1947.

(⁶) B. VODAR, R. FREYMANN et YÉOU TA, *J. Chem. Phys.*, 8, 1940, p. 349.

(⁷) S. FREED, M. L. MAC MURRAY et E. J. ROSENBAUM. *J. Chem. Phys.*, 7, 1939, p. 853.

En ce qui concerne le quartz cristallisé (*fig.* 3), les résultats obtenus montrent qu'on trouve aisément des échantillons ayant, même sous forte épaisseur, une transparence suffisante dans la région de Schumann. Comme Tsukamoto ([8]),

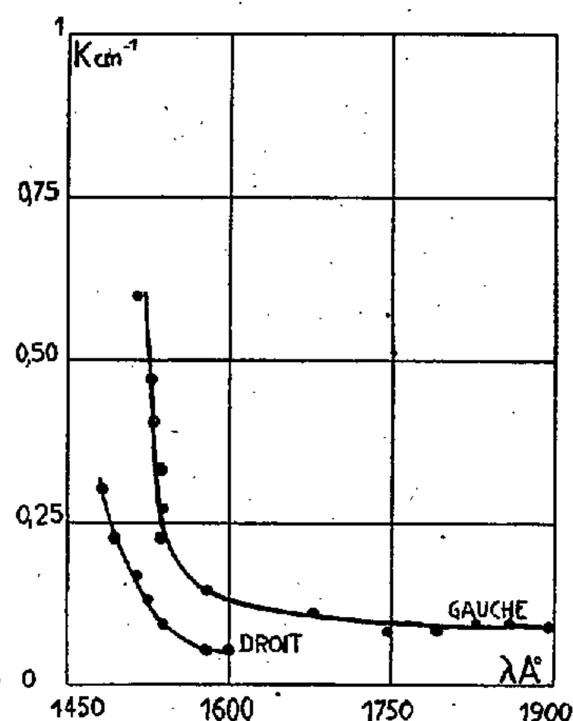


Fig. 3.

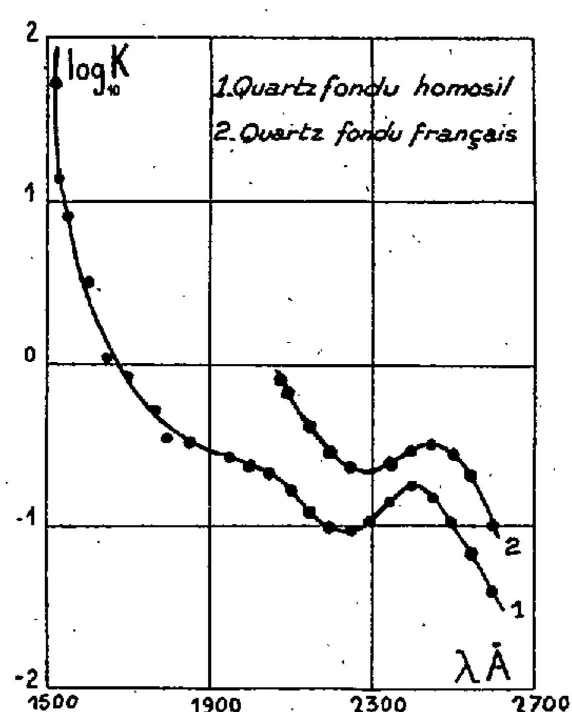


Fig. 4.

nous observons une meilleure transparence pour les quartz droits que pour les quartz gauches. Signalons que le quartz fondu allemand *homosil* (*fig.* 4) est également utilisable.

Ces travaux confirment la transparence dans la région de Schumann du quartz et du corindon, matériaux intéressants par leur dureté et leur résistance à la corrosion.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la nature de la cible sur les états chimiques du radioazote obtenu par la réaction* ${}^{12}_{6}C(d, n){}^{13}_{7}N$. Note (*) de M. **Pierre Süe**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons étudié les états chimiques du radioazote ${}^{13}_{7}N$ émetteur β^+ et γ de période 9,93 minutes lorsque l'on irradie du carbone sous forme de graphite ou à l'état de carbonate. Nous avons employé CO_3Li_2 car le radiolithium formé a une période très courte de 0,88 seconde qui ne gêne pas les mesures sur le radioazote.

En n'envisageant que les molécules simples qui peuvent se former, il faut s'attendre, pour le carbone, à trouver le radioazote en partie à l'état libre et en partie en cyanure. Avec un carbonate, nous devons avoir en plus formation d'oxydes d'azote : nitrates et nitrites, par exemple. Ces diverses molécules contenant le radioazote furent effectivement trouvées sur les deux cibles et

([8]) *Thèse*, Paris, 1927.

(*) Séance du 24 octobre 1949.

nous les avons dosées. En outre, nous avons eu la surprise de rencontrer avec la cible en graphite, une quantité relativement importante d'azote à l'état d'ammoniac.

Nous avons employé du graphite Acheson primitivement dégazé plusieurs heures à 2 000° dans un vide de 10^{-3} mm. Comprimé sur une nacelle en platine, il est irradié pendant 10 minutes par le faisceau des deutons sortant à l'extérieur du cyclotron du Collège de France. Le graphite (100 à 200^{mg}) est homogénéisé au mortier; une très faible partie sert à déterminer l'activité totale, une autre quantité connue est mise dans un ballon à distiller contenant de l'eau et les entraîneurs suivants : NO_2Na, NO_3Na. On procède alors à la séparation de ces molécules : l'ammoniaque par chauffage en milieu alcalin; nitrates et nitrites par réduction en ammoniac avec l'alliage de Dewarda. L'azote est enlevé sur un autre échantillon par barbotage d'air sur le graphite placé dans de l'eau bouillante. Les cyanures sont extraits par distillation en milieu sulfurique. La plupart du temps, on a procédé à une seconde et même une troisième extraction à titre de garantie.

Avec CO_3Li_2 fondu sur une lame de platine, puis dissous après irradiation, dans l'eau, les séparations sont conduites, à quelques détails près, comme ci-dessus.

Le tableau ci-dessous exprime, au même instant, et compte tenu des absorptions différentes des parois des vases à liquide et à gaz, les pour-cents des diverses molécules extraites.

Avec le graphite, insoluble dans l'eau, l'activité extraite est très faible; elle est de l'ordre de 0,05 % de l'activité totale.

	Graphite.	CO_3Li_2.
Azote	5	1
Cyanure	10	0,5
Nitrates	20	55
Nitrites		15
Ammoniac	60	2

Pour le carbonate les pour-cents sont calculés sur l'activité totale de la solution utilisée. La différence à 100 est due soit à une extraction incomplète des nitrates et nitrites, soit à la présence de composés autres que ceux recherchés.

Les valeurs de ce tableau font apparaître de grandes différences dans les pour-cents moyens des molécules formées sur chaque cible.

La formation prépondérante d'ammoniac avec le graphite bien dégazé s'explique difficilement par une réaction entre le radioazote et les traces d'hydrogène pouvant subsister après dégazage. On peut penser que le graphite ayant réadsorbé de l'eau en surface, celle-ci réagisse avec le radioazote, au moment de sa formation, pour donner de l'ammoniac.

La présence de nitrates et nitrites peut s'expliquer, sans doute, par oxydation du radioazote par l'ozone formé dans l'ionisation de l'air lors du passage des deutons extérieurs.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les propriétés électriques anormales du sesquioyde de vanadium entre* — 100° C et + 300° C. Note (*) de M. **Marc Foëx**, présentée par M. Paul Lebeau.

J'ai montré dans une Note précédente (¹) que le sesquioxyde de vanadium, V_2O_3, présente à basse température, un peu en dessous de — 100° C, une transformation caractérisée essentiellement par un changement extrêmement important de la conductibilité électrique, cette dernière augmentant de près de 100 000 fois à température ascendante. Aux basses températures, la résistance R diminue en fonction de la température, suivant la relation habituelle $R = Ae^{B/T}$ (T température absolue, A et B constantes). Il n'en est plus de même aux températures supérieures à celle de la transformation : on constate alors, à partir de — 25° C environ, une augmentation de la résistance avec la température (conductibilité du type métallique), phénomène très exceptionnel pour un oxyde.

L'étude précédente ayant été limitée à la température ordinaire, je me suis proposé d'étudier ici le comportement électrique du sesquioxyde de vanadium à température plus élevée. Les essais ont été effectués, comme il a été précédemment indiqué (¹) sur des éprouvettes d'oxyde V_2O_3 préparées par compression et cuisson à 1 100° C.

La courbe de la figure 1 donne les valeurs du logarithme de la résistance électrique R en fonction de l'inverse de la température absolue T, pour des températures comprises entre — 50° C et + 1 100° C. Entre — 25° C et + 235° C on observe une augmentation sensible de la résistance, de près de deux fois, la variation la plus rapide se situant vers + 150° C. Au-dessus de + 235° C, le coefficient de température redevient négatif; à partir de + 300° C, la résistance diminue normalement en fonction de la température, log R étant fonction linéaire de $1/T$ (*fig.* 1).

Il existe donc une variation anormale de la conductibilité électrique du sesquioxyde de vanadium entre — 100° C et + 300° C environ. Au-dessus de cette zone, comme en dessous de la transformation de basse température, la conductibilité évolue normalement suivant les lois propres à la plupart des semi-conducteurs; cependant, le processus selon lequel s'effectue la conduction ne paraît pas être le même dans les deux cas, car l'énergie d'activation

(*) Séance du 17 octobre 1949.

(¹) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1126.

calculée, d'après les résultats obtenus, est environ cinq fois plus faible à haute qu'à basse température.

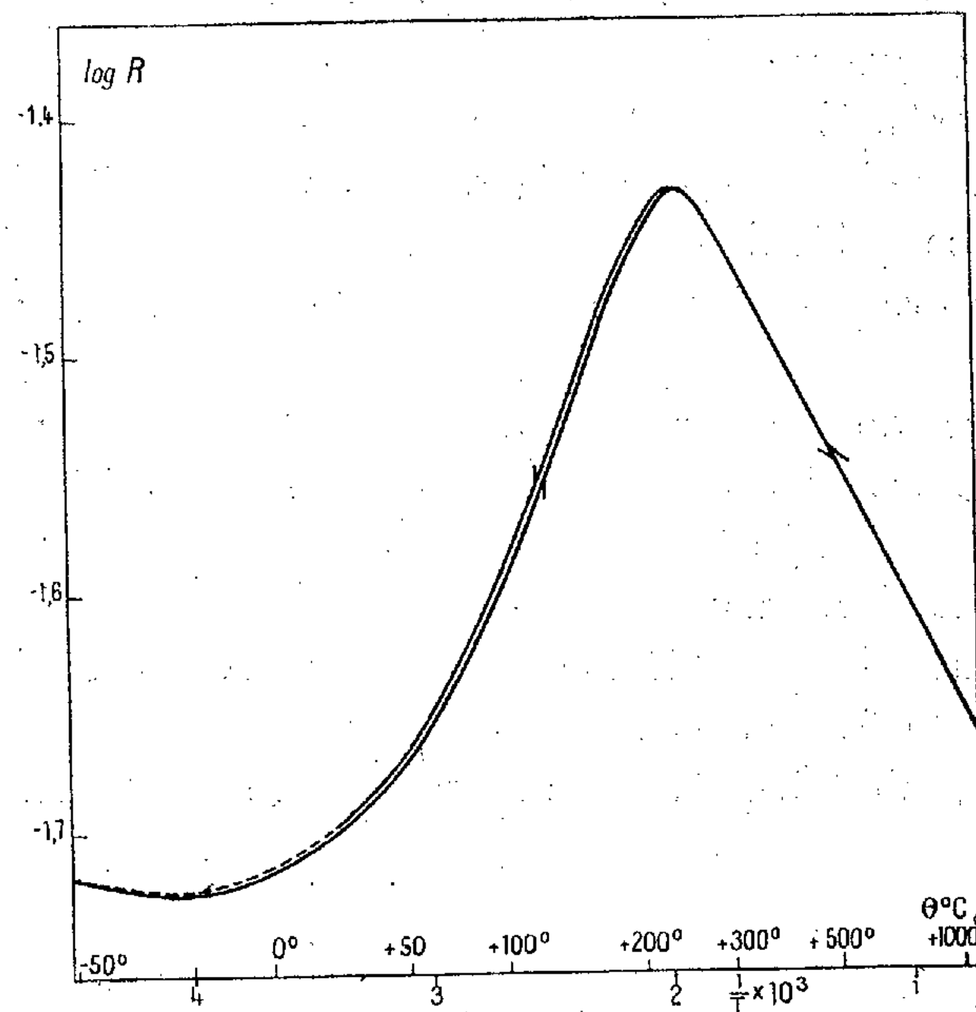


Fig. 1.

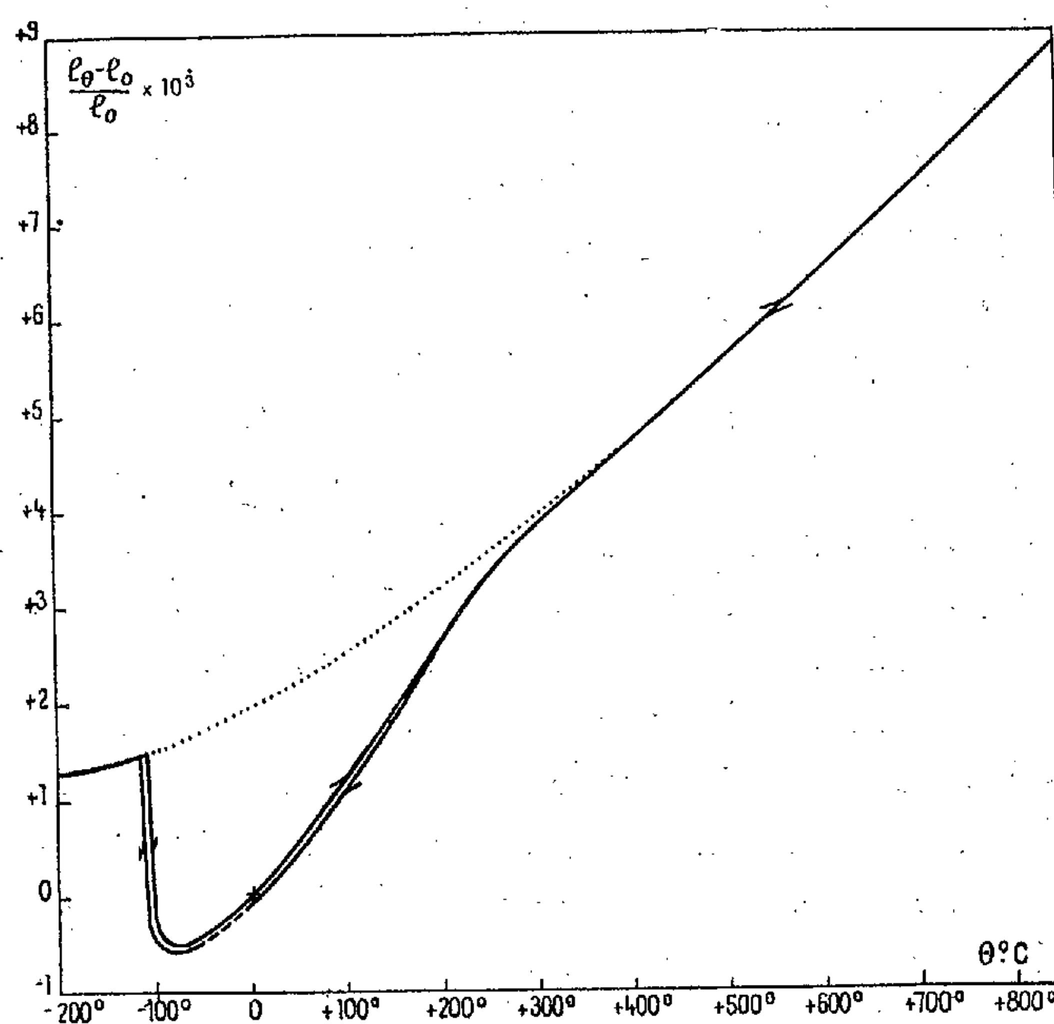


Fig. 2

A titre comparatif, on a représenté la courbe de dilatation (*fig.* 2) du sesquioxyde de vanadium préparé dans les mêmes conditions. On remarque,

comme pour la conductibilité électrique, une zone d'anomalies entre — 100°C et + 300°C environ. En dehors de la transformation de basse température, caractérisée à température ascendante par une contraction, on observe dans cette région une augmentation considérable du coefficient de dilatation entre — 100°C et + 200°C. Ceci paraît mettre en évidence une transformation du second ordre du type λ vers + 200°C (maximum du coefficient de dilatation). Contrairement à ce qui a lieu pour les conductibilités électriques, la courbe de haute température peut être reliée à celle de basse température (courbe en pointillé).

La température de préparation des échantillons a relativement peu d'influence sur les propriétés observées, tout au moins lorsqu'elle ne dépasse pas 1300°C. Après passage à plus haute température, il y a atténuation des phénomènes décrits ci-dessus.

En résumé, l'étude des propriétés électriques du sesquioxyde de vanadium a permis de mettre en évidence le comportement anormal de cet oxyde qui, entre — 25°C et + 235°C, présente une résistance croissante avec la température.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les propriétés magnétiques anormales du sesquioxyde de vanadium entre* 60°C *et* 250°C. Note (*) de MM. **Gabriel Foëx** et **Jules Wucher**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'anomalie observée consiste en un passage, à température croissante, du paramagnétisme de Weiss au paramagnétisme indépendant de la température, sans discontinuité du coefficient d'aimantation. Ce dernier caractère la distingue de la transformation $\beta \rightarrow \gamma$ du fer, au cours de laquelle il y a passage d'un paramagnétisme rapidement variable à un autre qui est presque constant.

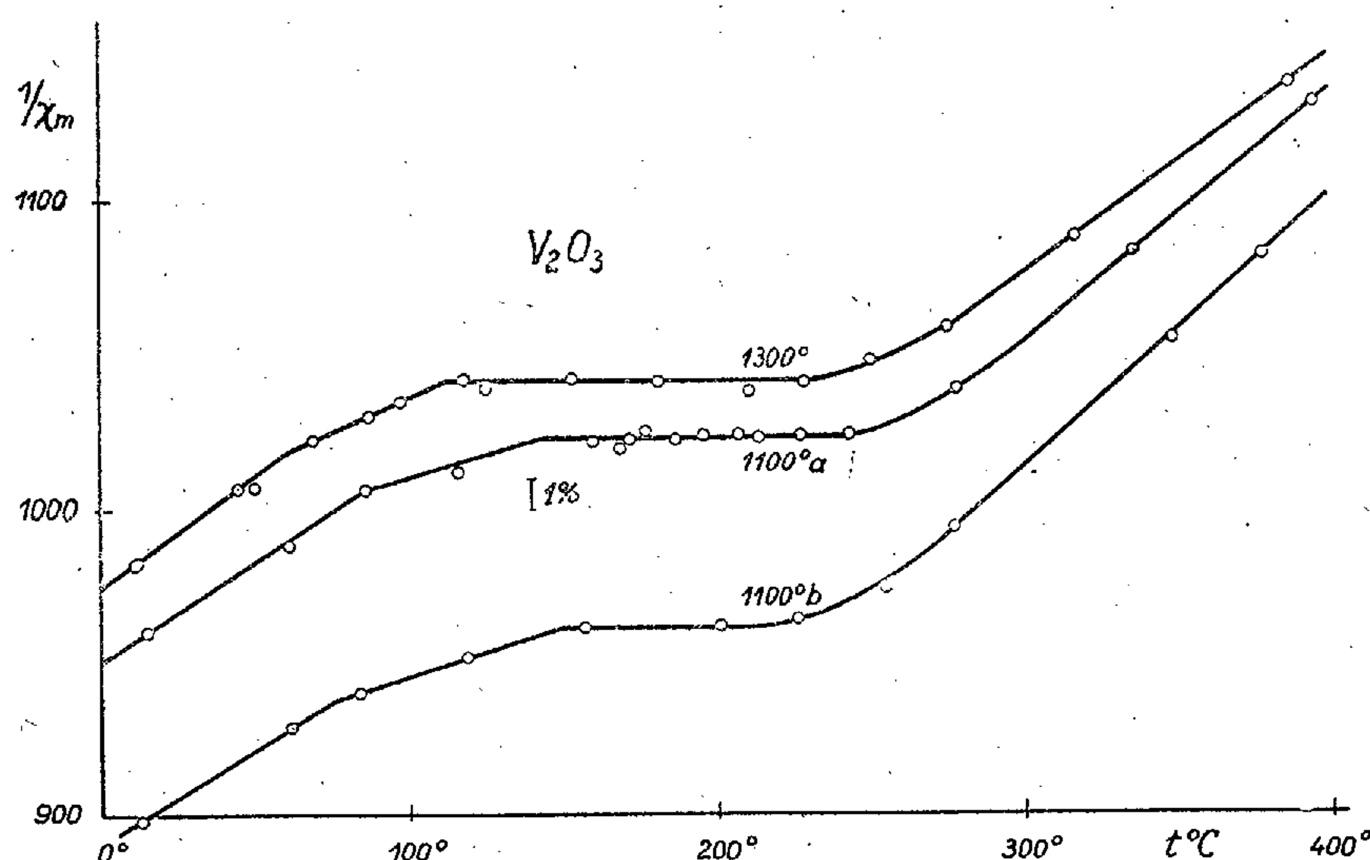
Ce travail a été entrepris sur des échantillons de V_2O_3 fournis par M. Marc Foëx, à la suite des observations de cet auteur concernant une anomalie dilatométrique du type λ de V_2O_3 vers + 200°C (travail inédit). Ces échantillons possèdent au degré de précision des analyses, la composition théorique. L'un d'eux a été préparé à 1300°C, les deux autres à 1100°. La transformation en question se produit avec les mêmes caractères dans les trois échantillons. Les constantes de Curie, les points de Curie et les températures entre lesquelles le paramagnétisme demeure invariable, diffèrent un peu d'un échantillon à l'autre, comme c'est souvent le cas en paramagnétisme.

Les nombres indiqués ci-dessous se rapportent à l'échantillon préparé à 1300°C.

De — 83° à + 60°C la substance obéit à la loi de Weiss, avec un θ négatif

(*) Séance du 17 octobre 1949.

égal à 917° et un moment de 15,5 magnétons de Weiss. Entre 60° et 110°C existe une région de transition avec une droite de Weiss à faible pente. Entre 110° et 250°C le coefficient d'aimantation conserve la valeur $\chi = 9,61 \cdot 10^{-6}$ avec toute la précision des mesures, c'est-à-dire au millième près.



Au-dessus de 250°C il décroît de nouveau suivant une loi de Weiss avec $\theta = -940°$ et un moment de 16,6 magnétons. Il existe un raccord curviligne assez court entre le palier et la droite de Weiss qui le suit. Les moments observés au-dessous et au-dessus du palier, 15,5 et 16,6 magnétons sont normaux pour le vanadium trivalent. Pour les échantillons préparés à 1100°C le moment le plus élevé existe au-dessous du palier. Le paramagnétisme constant n'est donc pas lié à une croissance du moment.

Les caractères du paramagnétisme de V_2O_3 rappellent ceux que Lallemand (¹) a observés dans le cas du chlorure ferrique entre 290° et 1000° K. De la température ordinaire jusque vers 400° K le sel cristallisé obéit à la loi de Curie avec un moment de 28 magnétons. Entre 400° et 600° K la sublimation se produit et il en résulte une diminution rapide du coefficient d'aimantation. De 600° à 700° K le coefficient d'aimantation conserve une valeur indépendante de la température. Au-dessus de 700° K la substance obéit de nouveau à la loi de Curie.

Dans ce cas l'interprétation du paramagnétisme indépendant de la température est immédiate : la sublimation des cristaux donne naissance à une vapeur composée de molécules Fe_2Cl_6 dans lesquelles les moments des deux atomes de fer sont antiparallèles; le paramagnétisme constant en résulte. Au-dessus

---

(¹) *Ann. de Phys.*, 3, 1935, p. 97.

de 700° K les molécules se dissocient et le paramagnétisme recommence à diminuer suivant la loi de Curie.

Dans le réseau cristallin de V_2O_3 chaque ion vanadium possède trois voisins vanadium à une distance de 2,2 Å et un autre à 2,9 Å environ. La première de ces distances est favorable à l'existence d'un antiferromagnétisme. On pourrait donc attribuer le paramagnétisme constant à un couplage antiparallèle des moments des ions vanadium. Il resterait à comprendre pourquoi ce couplage ne se manifeste pas aux températures inférieures à 110°C.

En outre on n'observe pas dans le cas présent le maximum du coefficient d'aimantation qui suit habituellement la disparition d'un antiferromagnétisme.

La courbe d'échauffement de V_2O_3, relevée à l'appareil de Saladin et Lechâtelier, montre un léger changement de pente à la température où le paramagnétisme devient constant et un autre, en sens inverse, à celle où la variation recommence.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la susceptibilité magnétique de la solution de formaldéhyde.* Note de M. **Robert Sauterey**, présentée par M. Paul Pascal.

Les tables de constantes donnent pour la susceptibilité magnétique du formol le nombre de Meslin [1] : $\chi = -0,62.10^{-6}$. Les conditions de cette détermination ne sont pas précisées; nous avons repris cette mesure dans le présent travail.

Les solutions de formol ont été préparées par hydrolyse et dissolution du paraformaldéhyde. Les mesures magnétiques ont été faites sur une balance de Pascal suivant la méthode habituelle qui donne une précision de l'ordre de 1 %.

1. *Étude de la susceptibilité du formol dissous en fonction de la concentration de la solution.* — Nous avons opéré sur des solutions contenant de $37^g,2$ à $321^g,9$ au litre. Nous obtenons les résultats suivants :

Concentration (g/100$^{cm^3}$)..	3,72	7,44	11,16	14,88	16,11	24,15	32,19
$-10^6\chi$ (formol).........	0,50	0,51	0,50	0,48	0,51	0,50	0,50

Pour ce domaine de concentrations, les solutions de formol donnent une susceptibilité magnétique *apparente* de $-0,50.10^{-6}$ constante à 2 % près.

Ce nombre s'écarte notablement de la valeur calculée pour $H_2C{=}O$ ou pour les polyoxyméthylèneglycols pouvant se trouver dans la solution.

$H_2C{=}O$ (I)	$H_2C(OH)^2$ (II)	$(H_2C{-}O)_3H_2O$ (III)
C = − 6 .10^{-6}	C = − 6 .10^{-6}	3C = − 18 .10^{-6}
2H = − 5,86 »	4H = − 11,72 »	8H = − 23,44 »
=O = + 1,72 »	2O = − 9,2 »	4O = − 18,4 »
χ_M = − 10,14 »	χ_M = − 26,92 »	χ_M = − 59,84 »
χ_s = − 0.34 »	χ_s = − 0,56 »	χ_s = − 0,55 »

(1) *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, 7, 1906, p. 145.

Le tableau ci-dessous contient les susceptibilités de la solution en faisant successivement les hypothèses (I), (II), (III), les concentrations de (II) et de (III) étant respectivement 1,6 et 1,2 fois celle de (I).

Concentration (g/100$^{cm^3}$).	$-10^9\chi$ (I).	$-10^9\chi$ (II).	$-10^9\chi$ (III).	$-10^9\chi$ mesuré.
3,72	706	710	711	712 ± 7
7,44	692	701	706	706 ± 7
11,16	679	692	698	696 ± 7
14,88	666	682	692	690 ± 7
16,11	660	680	690	687 ± 7
24,15	634	662	675	670 ± 7
32,19	607	644	661	656 ± 7

Ces résultats, conformément à ceux de Good ([2]), confirment la théorie suivant laquelle la solution de formol renferme du méthylèneglycol $H_2C(OH)^2$ en équilibre avec des polyoxyméthylèneglycols.

2. *Étude de la susceptibilité de la solution en fonction de son* pH. — Nous avons déjà montré ([3]) que pour les pH élevés la solution contenait une forme du formol directement oxydable par l'iode. Nous avons également vérifié que le monomère présentait cette propriété; cependant il est possible de penser que l'ion dérivé du méthylèneglycol $H_2=C-O^-$ se trouvant dans la solution la



HO

possède également.

Cet ion possédant en première approximation la même susceptibilité que le glycol, nous avons étudié la susceptibilité de la solution en fonction du pH.

Nous avons tamponné les solutions par de l'acide chlorhydrique ou de la soude. Pour les pH compris entre 2 et 10 nous avons vérifié le résultat obtenu par Pacault ([4]) : on peut sans erreur appréciable admettre pour le solvant $= -0,72.10^{-6}$ comme pour l'eau distillée.

Pour les pH 12,1 et 13,2 nous avons mesuré la susceptibilité de ces solutions considérées comme solvant; $\chi(12,1) = -0,71.10^{-6}$, $\chi(13,2) = -0,692.10^{-6}$.

Nous obtenons les résultats suivants :

Concentration : 16^g,11 par 100$^{cm^3}$.

pH.	2,4.	5,3.	8,1.	9,9.	12,1.	13,2.
$-10^9\chi$ mesuré.....	688±7	687±7	682±7	685±7	672±7	649±7
$-10^9\chi$ (I)........	660	660	660	660	652	638
$-10^9\chi$ (II).......	680	680	680	680	673	659

([2]) W. GOOD, *C. A.*, 25, p. 2888.
([3]) SAUTEREY, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 595.
([4]) *Ann. Chim.*, 12e série, 1, 1946, p. 527.

Concentration : $32^g,19$ par 100^{cm^3}.

pH.	2,3.	5,2.	9,7.	10,1.
$-10^9\chi$ mesuré	662 ± 7	656 ± 7	652 ± 7	646 ± 7
$-10^9\chi$ (II)	644	644	644	644
$-10^9\chi$ (III)	661	661	661	661

Il semble donc que la solution de formol contienne bien du monomère pour les pH élevés. Nous pouvons imaginer que l'ion perde facilement une molécule d'eau pour donner du formol. Nous voyons également que l'équilibre glycol-monomère-polymèreglycol se déplace vers le monomère lorsque le pH augmente.

D'autres mesures sont en cours afin de préciser cette hypothèse.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une combinaison cuivrique de la théophylline et son emploi pour le dosage de cet alcaloïde.* Note de M. **Marcel Péronnet**, présentée par M. Paul Lebeau.

A. J. Plummer et W. L. Mendenhall (¹) ont signalé une combinaison fournie par la théophylline et l'acétate cuivrique en solution dans l'alcool méthylique; ils ont indiqué que le composé obtenu contenait *une partie de cuivre pour deux parties de théophylline*, sans insister davantage sur ses propriétés.

Nous avons repris l'étude de cette réaction en nous plaçant dans les conditions suivantes : nous avons mélangé, à la température ordinaire, un *net excès* d'une solution *concentrée* (à 0,5 %) d'acétate neutre de cuivre cristallisé, dans l'alcool méthylique absolu, avec une solution de théophylline officinale dans le même solvant; après contact de trois heures, en récipient bouché, le précipité formé, recueilli et lavé ensuite soigneusement à l'alcool méthylique, a été maintenu, jusqu'à poids constant, dans le vide sulfurique. Nous avons finalement obtenu une poudre de belle couleur verte, sans apparence cristalline visible, très peu soluble dans l'eau froide, décomposable par l'eau bouillante, très soluble dans les acides (solutions vertes) ainsi que dans l'ammoniaque (solutions bleues) dilués.

Son analyse nous a révélé la présence du reste acétate et de la théophylline et nous a conduit aux chiffres ci-après : N % : 11,66; Cu % : 25,80, résultats qui permettent d'attribuer à ce composé la formule brute $(C_7H_7O_2N_4)^2Cu$, $3(CH_3CO_2)^2Cu$ dont la composition calculée serait : N % : 11,59; Cu % 26,32.

Cette combinaison est donc différente de celle mentionnée antérieurement par les auteurs cités précédemment.

Nous nous sommes assuré, par ailleurs, que sa composition restait fixe

(¹) *Journ. Pharm. Exp. Therap.*, 63, 1938, p. 31.

toutes les fois que la dose de sel de cuivre utilisée représentait au moins le quintuple et au plus le centuple de la quantité de théophylline mise en œuvre.

La *sensibilité* de la réaction de la théophylline avec l'acétate de cuivre, en milieu méthylique, est *très élevée* : un louche encore perceptible se produit pour une concentration en base xanthique de l'ordre de 0,05 °/₀₀ et cette précipitation se prête à la *caractérisation de la théophylline* en présence des autres dérivés puriques voisins (théobromine, caféine, acide urique) qui ne forment aucun composé insoluble, dans les mêmes conditions. En outre lorsque la quantité d'acétate de cuivre est suffisante, la précipitation de la théophylline est *totale*, d'où la possibilité d'une *détermination quantitative* indirecte de la base xanthique, en passant par l'étape intermédiaire du composé insoluble décrit ci-dessus, soit par un dosage de l'azote de la molécule, soit mieux par l'évaluation du cuivre associé; la méthode reste valable en présence des autres dérivés puriques.

En résumé, nous avons décrit une combinaison définie formée par la théophylline et l'acétate neutre de cuivre et démontré qu'en raison de son insolubilité, elle pouvait servir à la mise en évidence et au dosage de cet alcaloïde soit seul, soit en présence des autres dérivés puriques voisins.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Comparaison des fréquences calculées et observées pour les deux plus longues bandes d'absorption de quelques hydrocarbures aromatiques polynucléaires.* Note (*) de Mme **Alberte Pullman**, présentée par M. Louis de Broglie.

Klevens et Platt ont effectué (1) la comparaison des fréquences observées et calculées (à l'aide de la méthode des orbitales moléculaires) pour les plus longues bandes d'absorption des hydrocarbures polybenzéniques à noyaux linéairement accolés, du benzène au pentacène. La détermination récente (2) des énergies des orbitales électroniques dans les hydrocarbures à noyaux latéraux permet d'étendre la comparaison à ces composés plus complexes. Les notations employées dans la présente Note sont celles de la réf. I, sauf que nous désignons par γ l'intégrale d'échange intervenant dans les calculs où l'on a tenu compte de l'intégrale de recouvrement, alors que Klevens et Platt la désignent par β.

(*) Séance du 24 octobre 1949.

(1) *J. Chem. Phys.*, 17, 1949, p. 470.

(2) Pour les corps à 4 noyaux : MM. G. Berthier, C. A. Coulson, H. H. Greenwood et Mme A. Pullman, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1906; pour les corps à 5 noyaux : MM. G. Baldock, G. Berthier et Mme A. Pullman, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 931.

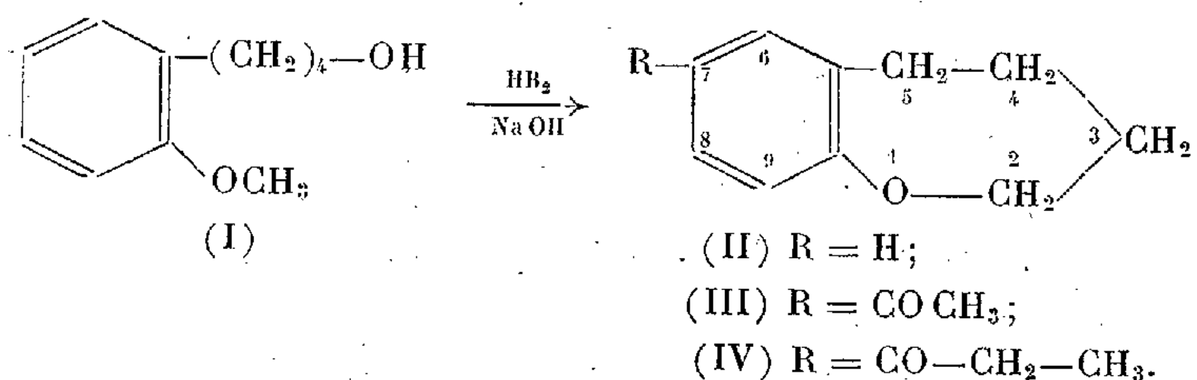
Composés.	Transition.	Fréquences calculées en γ ([a]).	Fréquences calculées (cm⁻¹) avec γ = 23000 ([b]).	24800 ([c]).	25700 ([d]).	Fréquences observées (cm⁻¹). Bandes ([e]).	Centre de gravité.
1.2-benzanthracène	$N \rightarrow V_1$	0,916	21000	22700		^1L_a 29500 ^3L_a 18500	24000
	$N \rightarrow V_2$	1,117	25700	27700	–	^1L_b 27000 ^3L_b 31000	29000
3.4-benzophénanthrène	$N \rightarrow V_1$	1,159	26600	28600	–	^1L_a 30500 ^3L_a 19500	25000
	$N \rightarrow V_2$	1,230	28300	30500	–	^1L_b 27500 ^3L_b 31500	29500
Chrysène	$N \rightarrow V_1$	1,058	24300	26200	–	^1L_a 31500 ^3L_a 20500	26000
	$N \rightarrow V_2$	1,259	29000	31200	–	^1L_b 28000 ^3L_b 32000	30000
Triphénylène	$N \rightarrow V_1$	1,409	32200	35000	–	^1L_a 35000 ^3L_a 24000	29500
	$N \rightarrow V_2$	1,546	35600	38400	–	^1L_b 30500 ^3L_b 34500	32500
1.2.3.4-dibenzanthracène	$N \rightarrow V_1$	1,014	23300	–	26100	^1L_a 28500 ^3L_a 17500	23000
	$N \rightarrow V_2$	1,176	27000	–	30200	^1L_b 27000 ^3L_b 31000	29000
1.2.5.6-dibenzanthracène	$N \rightarrow V_1$	0,960	22100	–	24600	^1L_a 28500 ^3L_a 17500	23000
	$N \rightarrow V_2$	1,121	25800	–	28800	^1L_b 25000 ^3L_b 29000	27000
1.2.7.8-dibenzanthracène	$N \rightarrow V_1$	0,998	23000	–	25600	^1L_a 28500 ^3L_a 17500	23000
	$N \rightarrow V_2$	1,096	25200	–	28200	^1L_b 25000 ^3L_b 29000	27000
Pentaphène	$N \rightarrow V_1$	0,885	20400	–	22700	^1L_a 27500 ^3L_a 16500	22000
	$N \rightarrow V_2$	0,952	21900	–	24400	^1L_b 23500 ^3L_b 27500	25500
Picène	$N \rightarrow V_1$	1,020	23400	–	26200	^1L_a 30000 ^3L_a 19000	24500
	$N \rightarrow V_2$	1,155	26600	–	29700	^1L_b 26500 ^3L_b 30500	28500

([a]) Pour les transitions $N \rightarrow V_1$: réf. 2; pour les transitions $N \rightarrow V_2$: calculs non publiés des mêmes auteurs.
([b]) γ_{spect} moyen de la série benzène-pentacène.
([c]) Le meilleur γ du naphtacène.
([d]) Le meilleur γ du pentacène.
([e]) La position des singulets est déduite des courbes de la réf. 1. Les triplets étant en général inconnus, nous avons admis, selon Klevens et Platt, que la séparation $^1L_a - {}^3L_a$ est égale uniformément à 11000 cm⁻¹ et la séparation $^1L_b - {}^3L_b$ à 4000 cm⁻¹ dans tous les composés étudiés ici.

L'accord est dans l'ensemble satisfaisant pour les deux groupes de transitions examinés. Le γ_{spect} moyen est de 23 500 cm^{-1} pour les corps à 4 noyaux et de 24 500 cm^{-1} pour les corps à 5 noyaux. On constate des variations assez importantes dans les valeurs du meilleur γ_{spect} (γ choisi de façon à obtenir pour chaque composé le meilleur accord possible entre la théorie et l'expérience). Le 12-benzanthracène, seul composé totalement dépourvu de symétrie, serait caractérisé par la plus haute valeur du meilleur γ_{spect} ($= 26\,000$ cm^{-1}), alors que le triphénylène, présentant la plus grande symétrie, serait caractérisé par la plus faible valeur du meilleur γ_{spect} ($= 21\,000$ cm^{-1}), la plus proche de celle du benzène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude d'un nouveau composé hétérocyclique oxygéné : l'homochromane* [1]. Note de M. **Paul Cagniant**, présentée par M. Marcel Delépine.

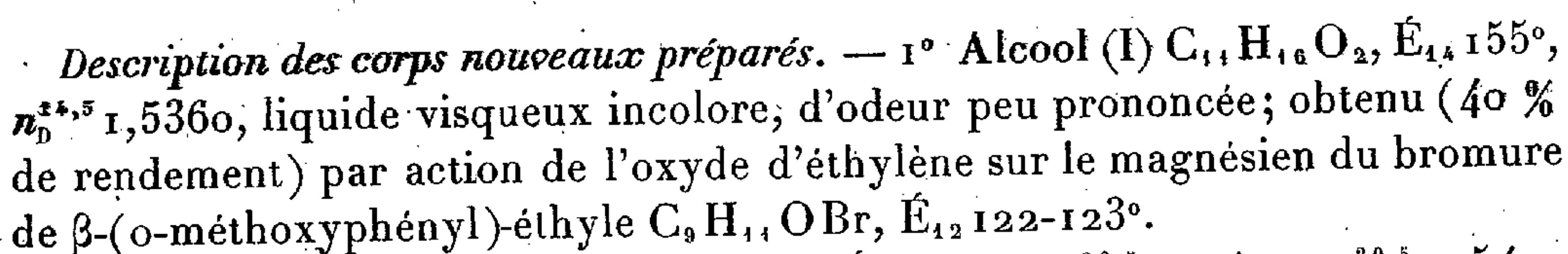
Nous avons préparé l'homochromane (II) au moyen de la méthode que Stœrmer et Kahlert [2] ont employée pour obtenir le coumarane : l'alcool δ-(*o*-méthoxy-phényl)-butylique (I) traité par l'acide bromhydrique-acétique est converti en bromure de δ-(*o*-hydroxy-phényl)-butyle non isolé qui, par action de la soude diluée, donne le produit cherché (II) avec un rendement de 35 % environ, bien inférieur à celui obtenu pour le coumarane [3].



(II) se comporte, vis-à-vis de la réaction de Friedel-Crafts, comme le chromane, mais est moins stable et moins réactif que celui-ci. Nous avons pu cependant obtenir l'acétyl-7 homochromane (III) et le propionyl-7 homochromane (IV). Nous avons préparé le méthyl-7 homochromane (VII) (30 % de rendement) et le méthyl-5 coumarane (VIII) (80 % de rendement) suivant le schéma réactionnel : (VIII) donne facilement par synthèse de Friedel-Crafts la cétone univoque (IX).

---

[1] Un Mémoire détaillé paraîtra au *Bulletin de la Société Chimique*.
[2] *Ber. d. chem. Ges.*, 34, 1901, p. 1810.
[3] G. Chatelus, *Thèse*, Strasbourg, 1949, p. 28.



Description des corps nouveaux préparés. — 1° Alcool (I) $C_{11}H_{16}O_2$, $É_{14}$ 155°, $n_D^{14,5}$ 1,5360, liquide visqueux incolore, d'odeur peu prononcée; obtenu (40 % de rendement) par action de l'oxyde d'éthylène sur le magnésien du bromure de β-(o-méthoxyphényl)-éthyle $C_9H_{11}OBr$, $É_{12}$ 122-123°.

2° Homochromane (II) $C_{10}H_{12}O$, $É_{13}$ 102°, $d_4^{20,5}$ 1,049, $n_D^{20,5}$ 1,5412 (RM trouvée 44,33, calculée 44,22), liquide incolore d'odeur fraîche rappelant celle du chromane, assez volatil. Ne donne pas de picrate. Ne décolore ni le permanganate dilué ni le brome chloroformique. L'analyse centésimale correspond assez bien à la formule proposée.

3° Cétone (III) $C_{12}H_{14}O_2$, $É_{11}$ 171-172°, $n_D^{14,5}$ 1,5628, liquide incolore assez visqueux, d'odeur cétonique. Semicarbazone $C_{13}H_{17}O_2N_3$, F_{inst} 212,5°; petits cristaux incolores (alcool). Condensation de (III) avec la méthyl-5 isatine : acide méthyl-6 homochromanyl-7'.2 cinchoninique $C_{21}H_{19}O_3N$, F_{inst} 133°, poudre peu colorée. Base correspondante : méthyl-6 homochromanyl-7'.2 quinoléine, cristaux incolores, F 111,5, picrate F_{inst} 195°, cristaux jaunes (alcool).

4° Cétone (IV) $C_{13}H_{16}O_2$, $É_{11}$ 178-179°, $n_D^{14,5}$ 1,5530, liquide incolore visqueux. Semicarbazone $C_{14}H_{19}O_2N_3$, F_{inst} 180°, petits cristaux incolores (alcool). Condensation avec l'isatine : acide méthyl-3 homochromanyl-7'.2 cinchoninique $C_{21}H_{19}O_3N$, F_{inst} 276°, poudre à peine colorée.

5° β-(méthyl-3 méthoxy-6 phényl)-éthanol (V), $É_{11}$ 142°, F 47° (Bogert et Hamann (¹) indiquent F 45°,5). *p*-nitrobenzoate $C_{17}H_{17}O_5N$, F 65°, petits cristaux incolores. Bromure correspondant $C_{10}H_{13}OBr$, $É_{12}$ 130°, liquide d'odeur peu agréable.

6° δ-(méthyl-3 méthoxy-6 phényl)-butanol (VI) $C_{12}H_{18}O_2$, $É_{11}$ 160°, $n_D^{20°}$ 1,5835, huile incolore obtenue avec 30 % de rendement par action de l'oxyde d'éthylène sur le magnésien du bromure précédent.

7° $C_{11}H_{14}O$, (VII), $É_{11}$ 109°; $n_D^{14°,5}$ 1,5379, liquide d'odeur forte un peu différente de celle du chromane. Ne donne pas de picrate.

(¹) *Chemisches Centralblatt*, II, 1930, p. 387.

8° (VIII) $C_9H_{10}O$, $É_{11}$ 89-90°, $d_4^{19°,5}$ 1,048, $n_D^{20°}$ 1,5414 (RM trouvée 39,94, calculé 39,60), liquide d'odeur prononcée différente de celle du coumarane. Donne un picrate instable.

9° Acétyl-7 méthyl-5 coumarane (IX), $C_{11}H_{12}O_2$, F 81°, gros cristaux incolores (éther de pétrole); nous n'avons pas isolé d'isomère de cette cétone. Semicarbazone $C_{12}H_{15}O_2N_3$, F 214°, belles paillettes incolores (alcool). Oxime $C_{11}H_{13}O_2N$, F 174°, belles aiguilles incolores (alcool). Condensation de (IX) avec la méthyl-5 isatine : acide méthyl-6 (méthyl-5′ coumaranyl-7′)-2 cinchoninique $C_{20}H_{17}O_3N$, F_{inst} 235°, poudre jaune clair (alcool); décarboxylé en méthyl-6 (méthyl-5′ coumaranyl-7′)-2 quinoléine $C_{19}H_{17}ON$, F 144°, cristaux incolores (alcool); picrate F_{inst} 219°, petits cristaux jaunes (alcool absolu).

GÉOLOGIE. — *La série cristallophyllienne renversée du Plateau d'Aigurande (Indre).* Note de MM. **Johannès Delorme, André Emberger** et **Maurice Roques**, présentée par M. Charles Jacob.

La bordure NO du Massif Central, au Nord de la Chaîne de la Marche, et sur toute l'étendue du Plateau d'Aigurande, est constituée par une série cristallophyllienne, traversée par quelques massifs de granite, ou de granulite (granite avec muscovite). Vers le Nord, cette série s'enfonce sous la couverture sédimentaire du Berry. Vers le Sud, elle est séparée des granulites de la chaîne de la Marche par un important accident tectonique, jalonné par des mylonites, auquel G. Mouret a donné le nom de dislocation de Boussac (¹).

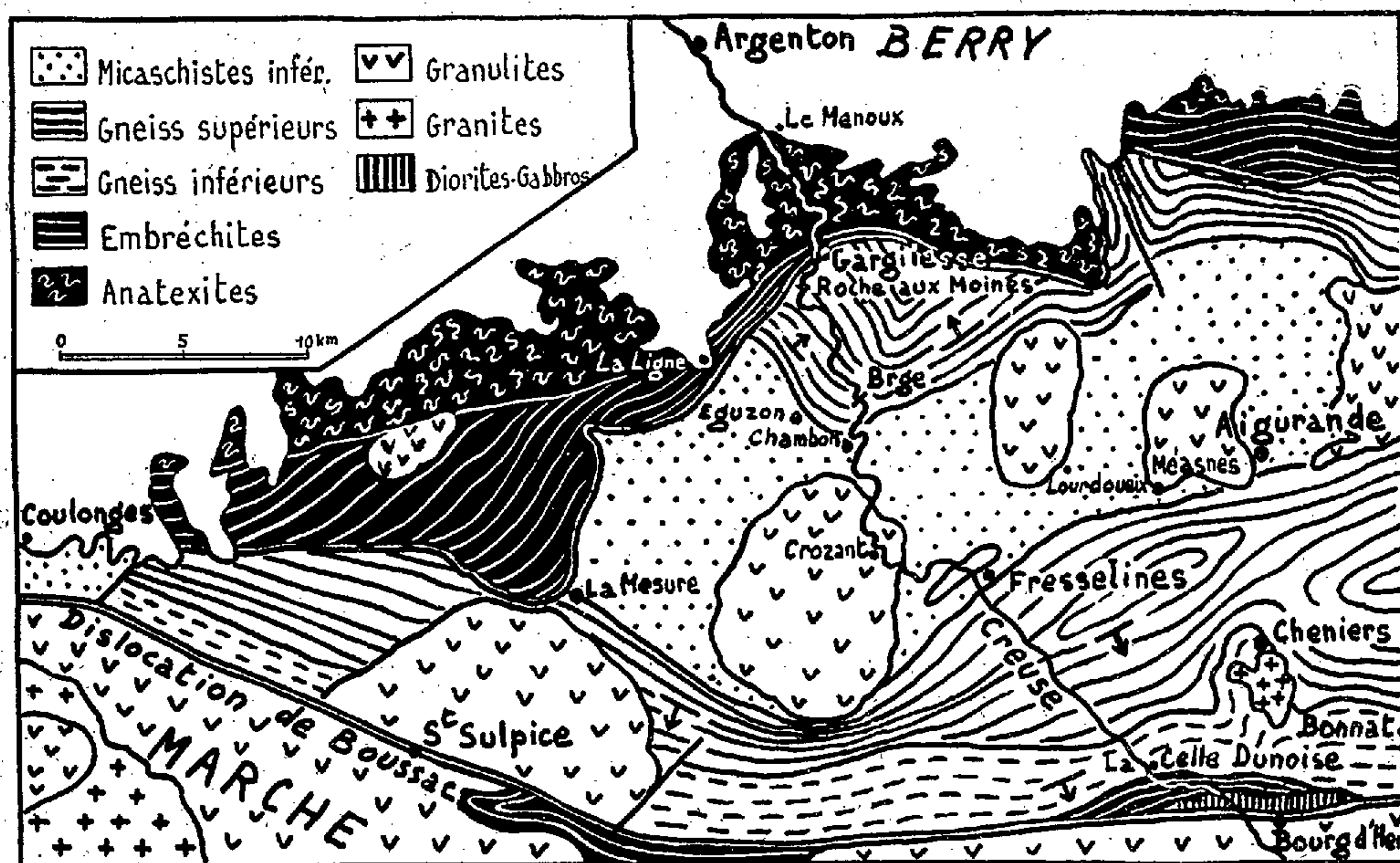
La direction des couches, dans cette partie de la bordure du Massif Central, a, dans l'ensemble, une orientation Est-Ouest. La vallée de la Creuse, entre Le Bourg d'Hem et Argenton-sur-Creuse, traverse les couches perpendiculairement à leur direction, et donne ainsi une coupe de la série (*figure*).

Dans cette coupe, la série est disposée en une large voûte anticlinale, dont l'axe se trouve à hauteur du Crozant. Aucentre de cet anticlinal des micaschistes à biotite et muscovite, de la zone des *miscaschistes inférieurs*, qui affleurent entre Fresselines au Sud, et Chambon au Nord. Un massif de granulite important, entouré de petits pointements satellites traverse ces micaschistes à Crozant.

Dans le flanc S de l'anticlinal, on rencontre du Nord au Sud, une succession régulière plongeant au SE ou au S, à pendages d'abord faibles, qui atteignent ensuite 70° au voisinage de la dislocation de Boussac. La zone des *gneiss supérieurs* est représentée entre Fresselines et le Moulin de Lavaud, par un ensemble de gneiss à plagioclase et à deux micas, avec des intercalations de leptynites

(¹) G. Mouret, *Bull. Serv. Carte Géol. France*, 30, n° 162, 1925-26, p. 125-126.

et d'amphibolites. La zone des *gneiss inférieurs* lui fait suite jusqu'à La Celle Dunoise. Elle comprend des gneiss à biotite, sillimanite, et feldspath potassique. Près de La Celle Dunoise, apparaissent des *embréchites* à biotite largement cristallines qui affleurent sur 700^m environ. Vient ensuite un complexe de diorites et gabbros, qui est limité au Sud par la dislocation de Boussac.



Dans le flanc de l'anticlinal, on retrouve entre Chambon et le barrage de la Roche aux Moines, la zone des gneiss supérieurs avec des formations analogues à celles du flanc S. Le plongement se fait ici vers le Nord, et il passe progressivement de 20 à 50° quand on s'éloigne de l'axe anticlinal. Dans ce flanc, les gneiss inférieurs sont supprimés le long d'une *ligne de contact anormal,* qui est soulignée par des mylonites, et qui met en contact, à Gargilesse, les gneiss supérieurs et les migmatites. On trouve successivement, au Nord de Gargilesse, des embréchites, réduites à une cinquantaine de mètres, puis des anatexites à cordiérite et sillimanite, qui affleurent jusqu'aux Menoux, où elles disparaissent sous la couverture sédimentaire du Berry.

La coupe de la Creuse met ainsi en évidence les caractères suivants de la série cristallophyllienne ; 1° *Dans cette partie du Massif Central, le front des migmatites se trouve dans les gneiss inférieurs comme dans le Morvan, ou dans la vallée de la Sioule.*

2° *La série cristallophyllienne est renversée, et elle est plissée en un anticlinal dont l'axe est occupé par des micaschistes, comme dans la vallée de la Sioule* (2).

(2) J. Jung, M. Hoques, et J. Richard, *Bull. Serv. Carte Géol. France,* 39, n° 197, 1938, p. 120-148.

Ce renversement de la série a été observé sur l'ensemble de la feuille d'Aigurande de la Carte Géologique détaillée de la France. Le flanc Sud de l'anticlinal, entre Bonnat à l'Est, et Coulonges à l'Ouest, présente une structure assez régulière, accidentée seulement de quelques replis synclinaux à l'Est de la Creuse. Le flanc Nord par contre a une structure plus complexe. Les migmatites y sont en effet poussées du Nord au Sud le long de la *ligne de chevauchement* de *Gargilesse*. A l'Est de la Creuse, ces migmatites sont en contact avec les gneiss supérieurs du flanc Nord. A l'Ouest de la Creuse, elles s'avancent vers le Sud au-dessus des micachistes de l'axe de l'anticlinal, entre la Ligne et La Mesure. Plus à l'Ouest encore, elles chevauchent les gneiss du flanc Sud, entre La Mesure et Coulonges.

Ce chevauchement des migmatites du Nord vers le Sud, permet de penser que le renversement général de la série est d'origine tectonique. La série du Plateau d'Aigurande représenterait ainsi le flanc inverse d'un vaste pli couché, poussé du Nord au Sud, avec décollement entre les migmatites et les gneiss. La structure anticlinale résulterait soit d'une disposition plongeante de la tête du pli couché, soit de plissements postérieurs.

La série est traversée par un certain nombre de massifs de granulite (Saint Sulpice — Crozant — Lourdoueix Saint-Michel — Méasnes — Aigurande) ou de granite (Cheniers) dont la mise en place paraît nettement postérieure au renversement général de la série.

GÉOLOGIE. — *Position et âge des bauxites du Pays de Fenouillet* (*Pyrénées-Orientales*). Note de M. **Albert F. de Lapparent**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans les falaises qui se dressent au Nord de Saint-Paul-de-Fenouillet (1), on connaît des bauxites vertes et rouges, à diaspore, situées dans la masse des calcaires. Cette position curieuse les a fait considérer comme anté-aptiennes et reposant sur des calcaires qui seraient néocomiens ou jurassiques (2). Des observations récentes nous ont permis de préciser différemment la situation et l'âge des bauxites du Pays de Fenouillet.

1. Comme d'ordinaire sur le versant Nord pyrénéen, les calcaires aptiens à Rudistes, de faciès urgonien, sont séparés par une lacune importante de la dolomie noire fétide, attribuée au Jurassique moyen : aucune couche ne représente le Jurassique supérieur ou le Crétacé inférieur. Mais à la différence de l'Ariège, on ne trouve à cette place ni argiles résiduelles, ni bauxite ; nouvel exemple de l'irrégularité des dépôts continentaux. Notons aussi que l'Aptien

(1) *Carte géol. au* 1/80 000, feuille Quillan, 2e éd., 1938.

(2) J. de Lapparent, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 658; *Mém. Carte géol. France*, 1930, p. 129-134.

est toujours concordant sur la dolomie jurassique : l'interprétation de Mengel [3] est à rejeter, qui voyait une transgression avec discordance de l'Aptien jusque sur le Lias.

2. Les calcaires aptiens paraissent, de loin, homogènes. En fait, ils présentent une composition complexe qui se retrouve dans les trois coupes des Gorges de Galamus, du Col de Brezou et du Grau de Maury.

Un premier ensemble, puissant d'environ 250^m, comprend : à la base, des calcaires blancs compacts; au milieu, des calcaires noirs et surtout des brèches sédimentaires à blocs de calcaire blanc et de dolomie noire; au-dessus, des calcaires marbres très blancs, à Milioles, Térébratules et Rudistes. Puis, brusquement, la sédimentation change. Sur ces calcaires marbres, corrodés, vient une deuxième série, épaisse de 150^m. Elle débute par des calcaires plus grossiers, à débris; ils sont pétris de *Toucasia* et de gros Rudistes en calcite noire. Peu à peu, ce banc très littoral passe à des calcaires blancs contenant, avec moins d'abondance, les mêmes Rudistes. Finalement, on en vient à des calcaires noduleux gris, fossilifères, auxquels font suite les marnes albiennes.

3. Les gîtes de bauxite actuellement reconnus sont au nombre de quatorze [4] : 4 à l'Ouest du chemin du Col de Brezou; 6 à l'Est de ce chemin, dans la Montagne de Capronne; 3 au lieudit Roque Rouge; 1 sous le Plateau de Saint-Paul, au-dessus du Roc Matusca. Or, tous se rangent au même niveau stratigraphique, ayant pour toit le calcaire à débris et Rudistes noirs et pour mur les calcaires marbres blancs, profondément corrodés et contenant des sections des mêmes Rudistes. Le gîte de Roque Rouge semblait faire exception, puisqu'il se présente presque au contact des marnes albiennes; mais cette disposition résulte d'une faille Est-Ouest qui supprime par étirement local plus de 100^m de calcaires aptiens. La plupart de ces gîtes forment des amas en poches isolées; dans l'intervalle, le calcaire à Rudistes noirs repose directement sur les calcaires blancs. Pourtant les cinq pointements de Capronne-haut se suivent probablement avec continuité sur 500^m de distance et ceux de Roque Rouge représentent trois affleurements d'une même couche presque verticale, continue sur 150^m.

Ainsi, *les bauxites du Pays de Fenouillet sont incontestablement intra-aptiennes et diffèrent des bauxites de l'Ariège, anté-aptiennes.*

4. Pour expliquer leur position au sein d'une série de calcaires marins, il faut nécessairement supposer une émersion locale et temporaire, qui est d'ailleurs prouvée par la profonde corrosion des calcaires du mur. Des argiles de décalcification ont dû s'accumuler dans les anfractuosités de cette surface karstique et y évoluer plus ou moins complètement en bauxite sous le climat tropical qui se prolonge ainsi pendant l'Aptien. Cette sorte d'île émergeant de la

---

(3) *Bull. Soc. géol. France*, (5), 25, 1925, p. 66.

(4) Nous devons à M. Goutaly de nous avoir fait connaître ces gisements.

mer aptienne évoque, jusqu'à un certain point, la position actuelle des îles de Loos; mais elle fut bientôt recouverte par la mer et les poches bauxitiques furent scellées par un toit de calcaires à Rudistes, dont la première couche remanie souvent des fragments de bauxite.

Les observations qui précèdent ont un triple intérêt :

a. Elles révèlent une nouvelle époque de formation de la bauxite, non signalée ailleurs en Europe.

b. Elles montrent que la bauxite a pu se constituer en un temps géologiquement très court : un moment d'émersion dans l'Aptien; l'intervalle le plus restreint noté jusqu'ici était la durée de l'étage albien pour les bauxites du Revest, près Toulon.

c. On peut enfin se demander d'où provient la différence minéralogique entre les bauxites de l'Ariège à bœhmite et les bauxites du Pays de Fenouillet à diaspore : les unes et les autres, formées au niveau des eaux, ont en effet subi par la suite des enfoncements et des compressions tectoniques du même genre. Précisément, G. de Weisse (5) vient de faire remarquer que des bauxites à gibbsite, des bauxites à bœhmite et des bauxites à diaspore se rencontrent en Hongrie *dans des conditions de gisement pratiquement identiques*. Il semblerait qu'on ne voit pas nettement apparaître de *relation entre la cristallisation de la bauxite et la subsidence*.

GÉOLOGIE. — *Sur l'évolution sédimentaire du Golfe de Fos et les facteurs de l'équilibre littoral*. Note de M. **André Rivière** et Mme **Lucien Razavet**, présentée par M. Charles Jacob.

La côte Nord du Golfe de Fos est activement érodée et aurait en certains points reculé de près de 200^m au cours des quinze dernières années, la mer arrivant même à menacer quelques constructions à Fos et sur la plage de l'Anse du Repos. La rapidité du phénomène est marquée par le fait que les grèves subhorizontales et très étendues (par vent de secteur Nord) portent fréquemment des témoins ravinés du sol de végétation des prés-salés qui, naguère encore, recouvraient le sable et dont le recul visible, souvent souligné par l'existence d'une petite falaise d'érosion, atteint 50 à 100^m. Cette érosion est d'autant plus remarquable que les *pentes des profils littoraux* (*d'ailleurs interrompues par des rides sous-marines parallèles à la côte*) *sont très faibles*.

Au Sud du débouché du Canal de Port-Saint-Louis (lieudit les Pilotes), les grèves sableuses s'amenuisent rapidement au fur et à mesure que l'on entre dans le domaine des anciens theys constitués lorsque le Rhône débouchait à la mer par le Grau de Pégoulier. Dans cette région, pourtant protégée des

(5) *Bull. Laboratoire Géol. Lausanne*, **87**, 1948, p. 140; *Bull. Ass. suisse Géol. et Int. Pétrole*, **49**, 1949, p. 22-24.

houles du large par le they de la Gracieuse, les rivages de la partie continentale du delta reculent rapidement, atteignant parfois ou même recoupant les anciennes digues, ce *recul* s'accompagnant paradoxalement d'un *remblaiement actif des fonds adjacents*. Vers le Sud, dans la région mieux protégée de l'ancien lit du Rhône, l'envasement est si rapide que d'anciennes îles, jadis largement séparées de la terre, s'y trouvent reliées et que de nouvelles îles se sont formées. Les vases proviennent du remaniement des zones érodées et des troubles encore apportés, surtout lorsque souffle le mistral, par les eaux du Vieux-Rhône. Celles-ci, relativement douces, permettent l'établissement de roselières favorisant le dépôt des vases et assurant leur stabilité. Plus au Nord, le même rôle est parfois joué par des prairies de Zostères.

La limite de la sédimentation vaseuse est nettement marquée vers l'intérieur du Golfe par une barre formée d'une suite de mamelons de sable vaseux à arénicoles, de formes très aplaties et semblant parfois en voie d'émersion. Les sédiments sableux contournant la pointe de la Gracieuse par transfert littoral et qui sont, depuis le détournement du Rhône, à peu près les seuls sédiments sableux arrivant dans le Golfe, suffisent à entretenir ces formations, mais non plus l'ensemble des plages (en raison de leur dispersion progressive au large).

Les faits décrits montrent que dans des conditions océanographiques déterminées, l'équilibre d'un rivage formé de matériaux meubles fins dépend non seulement de la faiblesse des pentes des profils littoraux, mais plus encore d'apports sédimentaires suffisants et de leur répartition. L'attaque des rivages (formés de vase consolidée) des theys, malgré le remblayage des fonds adjacents et la formation d'une barre sableuse plus ou moins en voie d'émersion au large, indiquent que, toutes choses égales d'ailleurs, les profils d'équilibre extemporané d'un rivage dépendent de la granulométrie des sédiments. On en arrive même à se demander si, en l'absence de tout apport sédimentaire par transfert ou d'origine fluviatile, une côte formée de sédiments meubles fins et adjacents à des fonds descendant en pente régulière vers le large, pourrait jamais atteindre un profil d'équilibre moyen effectif, indéfiniment stable.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur une comparaison indirecte des valeurs de référence admises pour l'intensité de la pesanteur à Paris et à Potsdam.* Note de MM. **Louis Cagniard** et **Raoul Goudey**, transmise par M. André Danjon.

L'an dernier, avec le concours de Mme G. Cagniard, l'un de nous avait mesuré la différence des intensités g de la pesanteur entre Luxembourg-Athénée et Paris-Observatoire ([1]). Sans que le chiffre des dixièmes de milligal puisse

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 964.

être garanti, en dépit des corrections soignées d'effet luni-solaire et de dérive, la valeur de g à Luxembourg-Athénée se trouvait ainsi déterminée, *dans le système de Paris :*

$$g = 980^{\text{gals}},980\ 0.$$

A l'occasion de cette campagne gravimétrique, Luxembourg-Athénée n'avait pas été rattaché au réseau allemand comme il put l'être au réseau belge, par défaut d'informations suffisamment précises concernant l'emplacement des stations gravimétriques de Rhénanie.

Cependant, à la suite de la publication de ces résultats, le D[r] H. Closs, directeur du Reichsamt für Bodenforschung, nous informait que, durant la dernière guerre, son service avait effectué deux mesures pendulaires très soignées et obtenu ainsi, *dans le système de Potsdam :*

Luxembourg-Artisans	$g = 980,977\ 2 \pm 0^{\text{mgal}},65$
Metz (Couvent rue des Vosges)....	$g = 980,944\ 6 \pm 0^{\text{mgal}},60$

Les deux stations de la ville de Luxembourg (Athénée et Artisans) sont assez proches l'une de l'autre (1359^{m} en ligne droite) pour qu'on puisse espérer calculer avec précision quel devrait être l'écart des valeurs correspondantes de g. Malheureusement les corrections topographiques de relief proche atteignent plusieurs dixièmes de milligal en chacune de ces deux stations, à cause du relief particulièrement accidenté de la capitale grand-ducale, et le calcul de ces corrections est très incertain, car il n'existe pas de bon plan topographique coté de la ville.

Au mois d'août dernier, l'occasion se présenta de renouveler la liaison Paris-Luxembourg, donc de pouvoir stationner à Luxembourg-Artisans ainsi qu'à Metz-Couvent. Utilisant le même gravimètre North-American que l'an dernier, nous avons obtenu, *dans le système de Paris* :

Luxembourg-Artisans.............	$g = 980,977\ 3$
Metz-Couvent.	$g = 980,944\ 1$

avec une incertitude qui ne doit guère dépasser beaucoup le dixième de milligal.

Nous concluons de là que les systèmes de Paris et Potsdam sont beaucoup plus cohérents qu'on pouvait le penser. La démonstration la plus nette est fournie par la station de Metz. On remarquera, en effet, que les valeurs de g à Paris et à Metz ne diffèrent guère que de 1^{mgal}, de sorte que leur comparaison à l'aide d'un gravimètre demeurerait correcte, même si la constante d'étalonnage de l'appareil était grossièrement inexacte.

BIOCLIMATOLOGIE. — *Loi d'action de la température sur la montée du Blé.* Note de M. **Henri Geslin**, présentée par M. Albert Demolon.

Dans des recherches antérieures ([1]) nous avons établi que le développement foliaire du Blé était directement fonction d'un certain facteur d'action K, défini journellement au moyen du produit de la température moyenne de l'air par la racine carrée de la radiation globale. Plus généralement si, pour une même variété, on considère des semis échelonnés dans le temps et si, pour chacun d'eux et pour la phase levée-montée, on calcule la somme des facteurs d'action accumulés, l'indice héliothermique ΣK est pratiquement constant (constante héliothermique), pour tous les semis correspondant à la période normale de semis de la variété, dans la région considérée. En dehors de cette période, ΣK est d'autant plus grande que le semis est plus précoce à l'automne, ou plus tardif au printemps. Ce résultat traduit un allongement de la période végétative, lié à des conditions *anormales* de croissance.

Pour les semis précoces d'automne, on pouvait supposer que la plante doit attendre, au printemps, une photopériode favorable, pour que la montée soit déclenchée. En fait, si les semis sont effectués en août, les premières montées peuvent être notées en janvier (variété *Vilmorin* 23). Pour les semis tardifs de printemps, par contre, les essais sur la printanisation ont révélé l'action spécifique de la température sur la montée; ils ont en outre montré que, pour les semis printanisés, ΣK était ramenée à la valeur de la constante caractéristique de la variété, tout au moins pour des semis non exagérément tardifs. Ces essais suggéraient qu'il y a, à la fois, effet cumulatif et arrière-action de la température, le besoin de la plante en *certaines températures* pouvant être satisfait dès la germination. On est ainsi conduit à attribuer l'allongement de la phase levée-montée, observé pour les semis précoces d'automne, à l'arrière-action de températures *défavorables*, parce que trop élevées, au cours des premiers stades du développement.

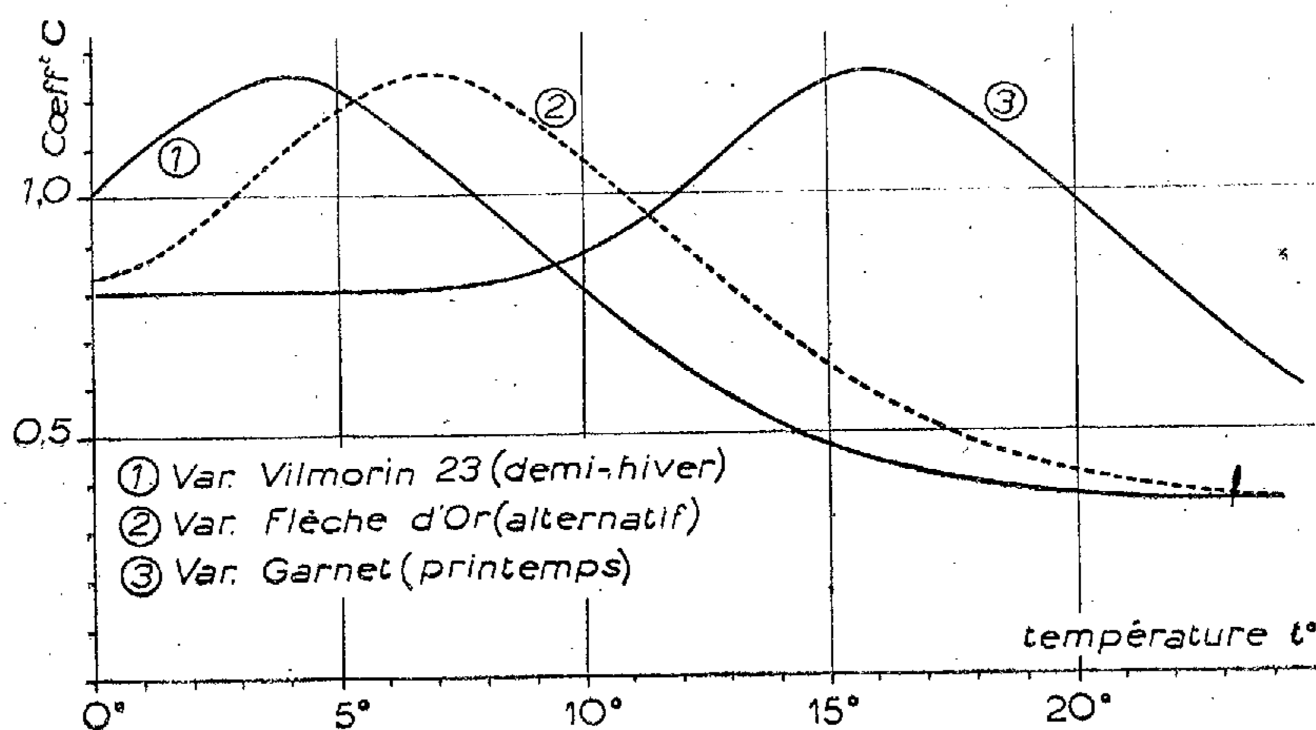
En vue de préciser la loi d'action de la température, nous avons admis que la variation de ΣK, en fonction de la date de semis, était essentiellement commandée par la température. Pour chaque semis, on a alors calculé le coefficient C par lequel il convenait de multiplier l'indice réel observé pour le ramener à la valeur de la constante. On a de même calculé la température moyenne journalière de l'air t, correspondant, pour chaque semis, à la phase levée-montée. Un graphique par *points*, établi à partir de ces données, permet ensuite de définir la relation cherchée : $C = f(t)$. Elle a été précisée pour trois variétés : *Vilmorin* 23 (demi-hiver), *Flèche d'or* (alternative), *Garnet* (printemps).

Les courbes obtenues sont identiques, en ce sens qu'elles peuvent se déduire les unes des autres par simple translation sur l'axe des abscisses. Elles ne

([1]) *Thèse*, Paris, 1944.

diffèrent que par la valeur de la température optimum ([2]), spécifique de chaque variété. A partir de ces courbes, on peut alors calculer l'indice héliothermique corrigé $\Sigma K'$, correspondant à chacun des semis considérés (plus de 70 au total). Pour une variété donnée, $\Sigma K'$ doit demeurer constant, quelle que soit la date de semis. C'est bien le résultat auquel nous sommes parvenu, dans l'ensemble.

Pour le calcul de $\Sigma K'$ relatif à un semis donné, on détermine tout d'abord, du semis à la montée, le coefficient C correspondant à chaque température journalière. Puis, pour chaque journée à partir de la levée, on calcule le coefficient C moyen correspondant, moyenne arithmétique de tous les coefficients journaliers, comptés de la date de semis (pour tenir compte des températures de germination) au jour considéré. En multipliant par ce dernier le facteur K correspondant, on en déduit pour chaque journée, la valeur K′ du facteur d'action corrigé, d'où ensuite $\Sigma K'$.



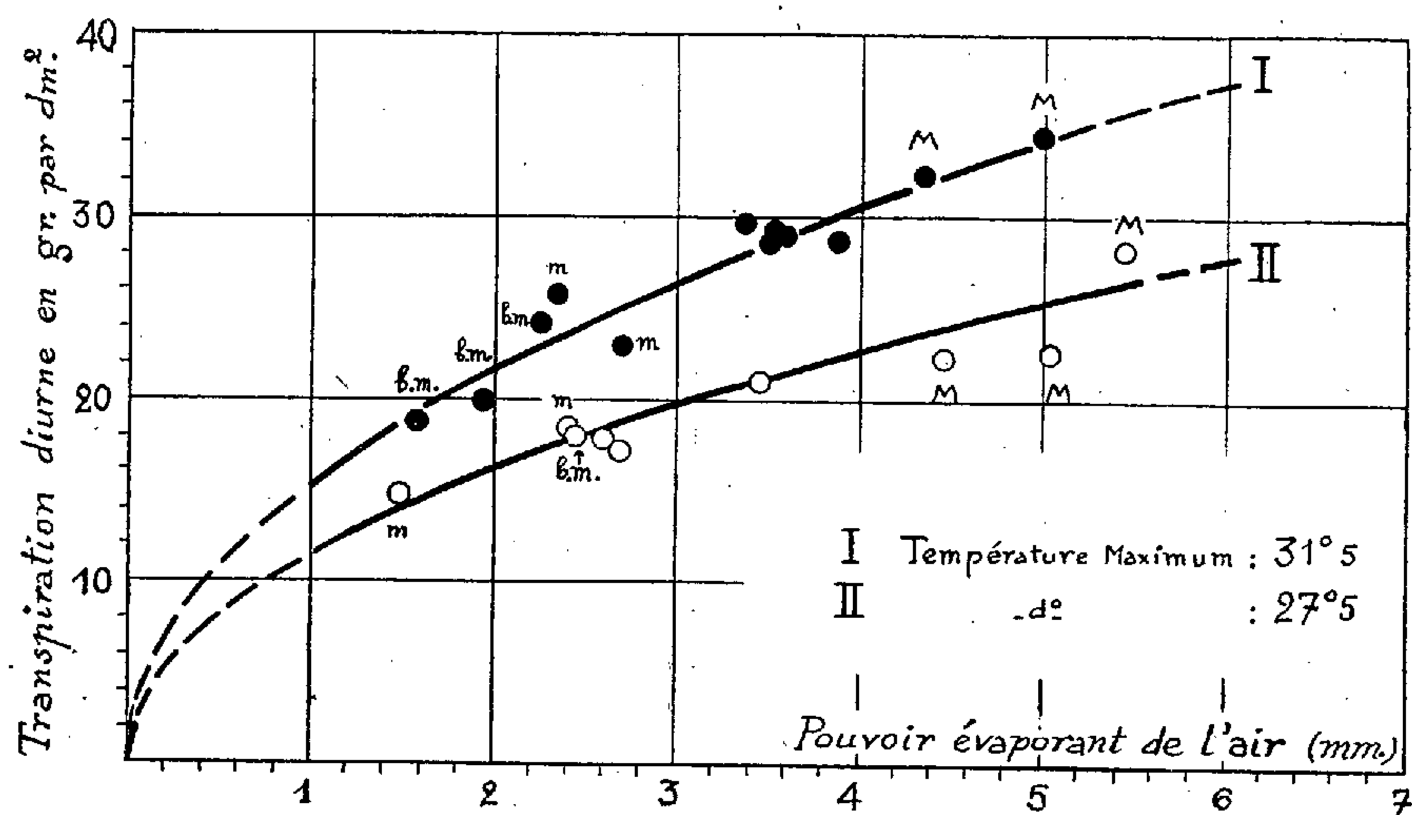
En résumé, nous avons pu préciser, en fonction des complexes climatiques naturels (facteur K), et sous le climat parisien, la loi d'action de la température sur le rythme du développement du Blé. Dès maintenant, les résultats obtenus confirment et expliquent ceux qui ont été apportés par la printanisation. Pour les variétés d'hiver, la température spécifique optimum se situe dans la *zone* des températures utilisées pour le traitement des semences en vue de leur printanisation. Pour celles de printemps, elle est nettement en dehors de cette zone. On conçoit, dans ces conditions, que les premières soient celles qui, effectivement, réagissent le mieux à la printanisation, les secondes ne réagissant au contraire que faiblement, dans un sens le plus souvent défavorable.

([2]) On a alors $C = 1,25$. Par définition cependant, les valeurs de C utilisées au tracé des courbes, sont au plus égales à l'unité. Mais il s'agit là de valeurs moyennes, correspondant, pour chaque semis, à l'action résultante de toutes les températures rencontrées, les unes favorables ($C \geq 1$), les autres défavorables ($C \leq 1$). Le maximum des courbes $C = f(t)$ doit donc être supérieur à l'unité.

BIOCLIMATOLOGIE. — *Facteurs physiques et transpiration du Maïs. Action du pouvoir évaporant de l'air : influence du vent.* Note de M. **Marcelin Godard**, présentée par M. Albert Demolon.

Dans une Note précédente (¹) nous avons précisé expérimentalement la loi de variation du taux de la transpiration du Maïs, en fonction de la température de l'air, sous les conditions du climat méditerranéen. Nous allons définir une nouvelle relation en fonction, cette fois, du pouvoir évaporant de l'air.

Technique et méthode de dépouillement. — Nous ne reviendrons pas ici sur la technique et la méthode de dépouillement des données expérimentales utilisées qui ont été exposées dans la Note précitée. Rappelons seulement que, parmi l'ensemble des données biologiques et physiques recueillies, on n'a retenu que celles qui correspondaient aux journées claires ou peu nuageuses. Ceci permettait d'éliminer les variations du taux de transpiration dues au rayonnement solaire (radiation globale) et de ramener le problème à l'étude de l'action de deux éléments climatiques : la température d'une part et le pouvoir évaporant de l'air d'autre part. Ces données privilégiées ont alors été classées en groupant séparément toutes les observations correspondant à des journées où la température moyenne diurne de l'air s'était maintenue entre des limites très étroites, mais où par contre le pouvoir évaporant de l'air avait varié dans des limites relati-



vement étendues. Dans ces conditions, il devenait possible d'étudier la loi de variation du taux de transpiration en fonction du pouvoir évaporant de l'air, *à radiation globale et à température de l'air constantes.* Rappelons enfin que, comme test de la température diurne de l'air, on a pris la température maxi-

(¹) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 850.

mum observée sous l'abri météorologique. D'autre part, le pouvoir évaporant de l'air entre 6 et 17h était déduit des mesures à l'évaporomètre de Piche également sous l'abri.

Résultats. — Les courbes du graphique indiquent la variation du taux de transpiration diurne en fonction du pouvoir évaporant de l'air, à 27°,5 et à 31°,5. Pour construire ces courbes isothermes, une difficulté se présentait. Pour le tracé de la courbe I, par exemple, les données expérimentales correspondaient à 12 journées d'observation dont les maxima thermiques, très voisins de 31°,5, étaient compris entre 30°,1 et 32°,9. Les taux de transpiration qui auraient été observés exactement à 31°,5 ont alors été calculés au moyen d'une interpolation proportionnelle, à partir des taux réels observés au cours des journées intéressées. Ce sont ces valeurs calculées qui ont servi au tracé de la courbe. Cette approximation est justifiée par le caractère linéaire de la loi reliant la transpiration à la température, précisé dans la Note précitée. En valeur relative, la moyenne des corrections ne dépasse d'ailleurs pas 5 %.

Cette fois, les relations trouvées ne sont plus linéaires. On obtient sensiblement des branches de parabole d'axe coïncidant avec celui des abscisses. A radiation globale et température constantes, le taux de transpiration apparaît proportionnel à la racine carrée du pouvoir évaporant de l'air. Toutes choses égales par ailleurs, l'activité transpiratoire croît avec le pouvoir évaporant. Toutefois, l'augmentation de la transpiration due à un même accroissement du pouvoir évaporant est d'autant plus faible que ce dernier est lui-même plus élevé. L'expérience précisera le comportement de la plante pour des pouvoirs évaporants supérieurs à ceux qui ont été observés en 1948.

Influence du vent. — Le vent, suivant son orientation et sa vitesse, intervient directement et puissamment pour modifier le milieu physique. Pour des conditions identiques de température et d'éclairement *résultantes,* l'examen de la figure permet en outre de mettre en évidence son influence sur le comportement de la plante. Les points marqués *M* correspondent à un temps de *mistral,* vent d'origine continentale et généralement fort; ceux marqués *m,* aux vents plus humides du secteur Sud, au *marin* du Golfe du Lion; ceux enfin marqués *b. m.* correspondent à la brise de mer, fréquente en été dans la région.

Dans le premier cas, le pouvoir évaporant de l'air *résultant* est élevé et le mistral contribue à accroître considérablement les pertes en eau de la plante. Dans les deux autres cas, au contraire, les vents considérés, sans amener de pluie ni réduire l'insolation, déterminent une économie d'eau importante, pour une même température de l'air *résultante.* Le graphique indique assez l'ampleur de cette action bienfaisante qui tend à épargner les réserves d'eau du sol. On conçoit ainsi que, par temps de sécheresse, une succession de jours avec *temps marin* soit susceptible à elle seule d'améliorer l'état de la végétation dans le Bas-Languedoc.

PHYSIOLOGIE. — *Les stérols dans le régime alimentaire de certains Orthoptères.* Note (*) de M. **Rémy Chauvin**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

J'ai eu, voici quelques années, l'occasion de constater que *Gryllulus domesticus* ne pouvait achever sa croissance sur la farine de blé blutée à 98 %, additionnée de 10 % de levure de bière pulvérisée : pour obtenir le stade adulte, il fallait ajouter obligatoirement et journellement un petit fragment d'un végétal vert, tel que la salade. Si ce végétal est administré sous forme pulvérisée, après avoir été desséché à 100° pendant plusieurs heures, la croissance s'arrête avant le stade adulte; mais on obtient un résultat entièrement satisfaisant en desséchant la salade dans le vide sulfurique, à la température ordinaire, et aussi avec l'extrait acétonique de la poudre ainsi obtenue, pourvu que cet extrait soit préparé à froid par lixiviation et non par décoction. Le ou les facteurs nécessaires à la croissance sont donc thermo-labiles et solubles dans les solvants des corps gras. Pour préciser la nature de ces facteurs, j'ai élevé des grillons avec un régime synthétique composé de caséine sans vitamines B (43 %), de glucose pur (43 %), de levure sèche en poudre (10 %) et de mélange salin de Mac Collum (4 %) sans adjonction de graisses (on sait que les insectes se passent très facilement de graisses dans leur régime). Ce régime est incomplet pour le Grillon : il n'est pas complété par l'addition de vitamine E, d'amide nicotinique ou d'acide ascorbique; il l'est par contre par la seule addition de cholestérol ou d'ergostérol, sans les vitamines précitées, à la dose de 2 %. La croissance est alors quasi normale, bien que les adultes soient un peu plus petits que les témoins nourris sur salade.

Dans une autre série d'expériences, j'avais constaté que des *Blattella germanica* pouvaient se développer avec un régime composé de farine additionnée de 10 % de levure, mais que leur fécondité ne tardait pas à baisser considérablement dans ces conditions, jusqu'à devenir quasi nulle en deux ou trois générations. Pour obtenir une fécondité satisfaisante chez les adultes, il faut leur donner de la salade fraîche, s'ils n'en ont pas reçu déjà à l'état larvaire; on obtient alors 50 % de descendants en plus chez les animaux nourris de salade par rapport à ceux qui en sont privés. D'ailleurs, on peut élever les larves avec le même régime synthétique que pour les grillons, avec et sans cholestérol : or, seules celles qui ont reçu du cholestérol parviennent au stade adulte; les autres, après avoir grandi aussi vite que les premières, restent indéfiniment au dernier stade larvaire.

Le cholestérol et l'ergostérol constituent donc des facteurs de croissance chez la Blatte et chez le Grillon, comme chez beaucoup d'autres insectes mangeurs

(*) Séance du 17 octobre 1949.

de farine ou non (Fraenkel et Blewett) [1]. Il est curieux de constater que la levure ajoutée au régime ne suffit pas à leur fournir une dose de stérols suffisante, soit que leur taux y soit réellement insuffisant (et dans ce cas, vu le taux de la levure en stérols, les Orthoptères auraient d'énormes besoins de ces substances), soit qu'ils s'y trouvent sous une forme moins aisément assimilable que dans les feuilles fraîches.

Mais il est beaucoup plus intéressant de noter l'influence des stérols sur la reproduction chez *Blattella*. C'est, en effet, la deuxième fois seulement, à ma connaissance que l'on démontre l'action d'une substance chimiquement définie, à faible dose, sur la reproduction des insectes. Le premier exemple a été rapporté sur le Doryphore (*Leptinotarsa decemlineata*) à propos des lécithines, par Grison [2]. Rappelons d'autre part que Fraenkel [3] a bien mis en évidence une action de la vitamine E sur la croissance chez *Ephestia*, mais il n'en a signalé aucun effet sur la reproduction.

BIOMÉTRIE. — *Comparaison des œufs de trois espèces de Grillons et de leurs hybrides*. Note (*) de M. **Michel Darbois**, présentée par M. Maurice Caullery.

Gryllus campestris L. (en abrégé *C*), *Gr. bimaculatus* De Geer (*B*) et *Gr. bermudensis* Caudel (*BR*) peuvent fournir les croisements suivants :

$$B\,♀ \times C\,♂ \rightarrow BC, \quad C\,♀ \times B\,♂ \rightarrow CB, \quad BR\,♀ \times C\,♂ \rightarrow BRC.$$

Pour chaque hybride, les individus sont féconds entre eux et avec leurs parents [1]. L'étude de certains caractères des œufs (longueur, nombre de micropyles, ornementation du chorion) permet, dans certains cas, de distinguer ces six espèces et hybrides [2].

Technique d'étude. — Tous les œufs, provenant de grillons d'élevage, sont examinés dans les 15 heures qui suivent la ponte, pour éliminer l'effet de l'augmentation de volume qui accompagne l'embryogenèse. Les observations ont porté sur les pontes de plusieurs femelles (4 à 10 suivant les espèces et le caractère considéré). Les mesures de longueur sont effectuées au microscope avec une précision de $0^{mm},5$, les œufs étant placés sur de la terre humide.

---

(1) *Trans. Ent. Soc.*, **93**, 1943, p. 457-90.
(2) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1172.
(3) *J. Exp. Biol.*, **22**, 1946, p. 162-72.

(*) Séance du 24 octobre 1949.
(1) G. Cousin *Arch. Zool. expér. et génér.*, **81**, 1939; G. Cousin, *Mém. Ac. Sc.*, **64**, 1940.
(2) Les œufs de *Gr. campestris* ont été déjà étudiés par Cappe de Baillon, *La Cellule*, **32**, 1920, fasc. I.

L'étude du chorion et des micropyles nécessite l'ouverture de l'œuf et l'étalement du chorion qui peut être observé immédiatement, sans coloration, monté dans l'eau.

Longueur et nombre de micropyles font l'objet d'une étude statistique (*voir* les résultats numériques essentiels dans les tableaux I et II).

Tableaux comparatifs des caractéristiques de la variation de la longueur des œufs (Tableau I) *et de leur nombre de micropyles* (Tableau II) *chez* Gr. bimaculatus, Gr. campestris, Gr. bermudensis *et leurs hybrides.*

TABLEAU I.

Espèces et hybrides.	Nombre d'œufs observés.	Mode (en mm).	Amplitude de la variation.	Moyenne (en mm).	Fluctuations de la moyenne.	Écart-type.	Indice de variabilité.
B......	684	2,55	2,25-2,75	2,52	±0,010	±0,08	± 3,2
BC....	397	2,60	2,05-3,05	2,60	±0,024	±0,14	± 5,4
CB....	381	2,75	2,20-3,10	2,73	±0,022	±0,13	± 4,8
C......	401	2,95	2,45-3,30	2,89	±0,025	±0,15	± 5,2
BRC...	386	2,55	1,75-2,85	2,51	±0,026	±0,15	± 6,0
BR....	466	2,30	1,75-2,70	2,24	±0,022	±0,14	± 6,25

TABLEAU II.

B......	694	3	2-6	2,96	±0,10	±0,80	±26,9
BC....	622	3	2-6	3,06	±0,11	±0,81	±26,5
CB....	591	3	1-9	2,98	±0,12	±0,89	±29,9
C......	600	4	2-17	5,26	±0,30	±2,15	±40,9
BRC...	614	3	2-7	3,43	±0,15	±1,12	±32,6
BR....	680	2	1-7	2,47	±0,09	±0,71	±28,7

Résultats. — L'étude biométrique de la *longueur des œufs* montre d'une part l'état intermédiaire des hybrides par rapport à leurs parents, d'autre part la distinction très nette des hybrides et des parents dans chacune des deux séries de croisements.

Le *nombre de micropyles* est variable dans une espèce donnée. Les parents sont toujours distincts; mais si *BRC* se révèle intermédiaire entre *BR* et *C*, les hybrides *BC* et *CB* sont semblables à leur parent *B*.

La variation du nombre de micropyles et de la longueur des œufs n'est pas corrélative. Tout juste peut-on dire que, chez *Gr. campestris*, les nombres élevés de micropyles — particuliers à cette espèce — se rencontrent plutôt sur les œufs de petite taille (coefficient de corrélation de Bravais-Pearson $r = -0,46$).

Vu à la loupe binoculaire, en lumière oblique, le chorion présente quelques *ornementations :*

a. Un anneau antérieur (anneau pneumatique de Cappe de Baillon), plus ou moins ramifié, dont la présence est absolument constante.

b. Un anneau postérieur, bien moins accentué et seulement chez *C* et *BRC*.

c. Des ponctuations fines, sur une partie du chorion d'étendue variable, chez quelques œufs de *Gr. campestris*; ou bien, chez beaucoup d'œufs de *BRC*, situés sur une aire limitée, au milieu de la face concave.

Conclusions. — Le comportement des hybrides est loin d'être uniforme. Ou bien ils sont intermédiaires entre leurs parents (longueur des œufs chez *BRC*), ou bien ils se rapprochent plutôt d'un des parents (longueur des œufs chez *BC* et *B*), jusqu'à lui être pratiquement semblable (nombre de micropyles chez *CB*, *BC* et *B*).

L'apparition dans le croisement d'un caractère nouveau s'observe dans l'ornementation du chorion de *BRC* (zone médiane de ponctuations).

Enfin, il faut insister sur le cas de *Gr. campestris* qui, par ses œufs de grande taille, ses nombres élevés de micropyles et son appareil pneumatique compliqué, se révèle bien différent de *Gr. bimaculatus* et de *Gr. bermudensis*.

La séance est levée à 15^h30^m.

R. C.

ERRATA.

—

(*Comptes rendus* du 4 juillet 1949.)

Note présentée le même jour, de M. *Jean Martin*, Liaisons gravimétriques internationales et détermination de la base française Paris-Toulouse :

Page 18, 26ᵉ ligne, *au lieu de* avec le 47... $378^{mgal},50$ (retour), *lire* $378^{mgal},87$.
» » 29ᵉ » *au lieu de* $912^{mgal},06$, *lire* $972^{mgal},06$.
» 19, 12ᵉ » *au lieu de* 981,189 1, *lire* 981,189 7; *au lieu de* 0,3, *lire* 0,9.
» » 14ᵉ ligne, *au lieu de* $g = 980,566\ 0$, *lire* 980,566 6; *au lieu de* 0,0, *lire* 0,6.
» 20, 18ᵉ ligne, *au lieu de* avril-mai 1942, *lire* avril-mai 1949.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'OCTOBRE 1949.

Production of Citric Acid in Submerged Culture, by EDWARD O. KAROW, and SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *Industrial and Engineering Chemistry,* Vol. XXXIX, 1947; 1 feuillet 28^{cm},5.

Antibiotics and Tuberculosis. A Microbiologic approach, by SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *Journal of the American Medical Association.* Vol. CXXXV, 1947. Chicago, American Medical Association; 1 fasc. 21^{cm},5.

Chemotherapeutics and antibiotics. Antibiotic as chemotherapeutic agents, by SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *Transactions of the Forty fourth Annual Meeting of the National Tuberculosis Association,* 1948; 1 feuillet 22^{cm},5.

Antibiotics, by SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *Biological Reviews.* Vol. XXIII, 1948; 1 fasc. 25^{cm}.

Recent research on Penicillin action, by ROBERTSON PRATT and JEAN DUFRENOY. Extrait de *Texas reports on Biology and Medicine.* Vol. VII, 1949; 1 fasc. 23^{cm},5.

Origin and Nature of Antibiotics, by SELMAN A. WAKSMAN. Extrait de *American Journal of Medicine.* Vol. VII, 1949; 1 fasc. 25^{cm},5.

Streptomycin-Producing Capacity of different Strains of Streptomyces griseus, by SELMAN A. WAKSMAN, and DALE A. HARRIS. Extrait de *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine.* Vol. LXXI, 1949; 1 feuillet 26^{cm}.

Fourth International Congress for Microbiology. Copenhagen 1947. Report of Proceedings. *Distribution of antagonistic microorganisms in the soil and their possible significance in soil processes,* et *Antibiotics and Life,* by SELMAN A. WAKSMAN. Copenhagen, 1949, 2 feuillets 25^{cm},5.

Neomycin activity upon mycrobacterium Tuberculosis and other mycobacteria, by SELMAN A. WAKSMAN, DORRIS HUTCHINSON, EDWARD KATZ. Extrait de *American Review of Tuberculosis.* Vol. LX, 1949; 1 fasc. 25^{cm},5.

Journal of bacteriology. Vol. LIV, n° 4, 1947: *An actinophage for Streptomyces griseus,* by H. CHRISTINE REILLY, DALE A. HARRIS, SELMAN A. WAKSMAN. Vol. LV, n° 3, 1948: *The Production of Streptomycin by Streptomyces bikinensis,* by DONALD B. JOHNSTONE, SELMAN A. WAKSMAN. Vol. LV, n° 5, 1948: *Grisein an Antibiotic produced by certain strains of Streptomyces griseus,* by DONALD M. REYNOLDS, SELMAN A. WAKSMAN. Vol. LVI, n° 3, 1948: *Streptomyces griseus (Krainsky-Waksman and Henrici),* by SELMAN A. WAKSMAN, H. CHRISTINE REILLY, DALE A. HARRIS. New Jersey Agricultural Experiment Station, New Brunswick, New Jersey; 4 fasc. 25^{cm},5.

Strain Specifity and production of antibiotic substances. VIII. *Production of a griseinlike antibiotic by a Strain of Streptomyces griseus,* by WARFIELD GARSON, SELMAN A.

WAKSMAN. Extrait de *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. XXXIV, n° 6, 1948 ; 1 feuillet 26cm.

Science. Vol. CVIII : *Use of Streptomycin-dependent Strains of Bacteria for Demonstrating the Ability of microorganisms to Produce Streptomycin*, by WARREN P. IVERSON, SELMAN A. WAKSMAN. Vol. CIX: *Neomycin, a new Antibiotic active against Streptomycin-Resistant Bacteria, including Tuberculosis Organisms*, by SELMAN A. WAKSMAN, HUBERT A. LECHEVALIER ; 2 feuillets 22 et 26cm.

Archives of Biochemistry. Vol. XXI, n° 1. 1949 : *Chetomin an Antibiotic Substance from* Chœtornium cochliodes. III. *Composition and functional Groups*, by WALTON B. GEIGER. Vol. XXII, n° 1, 1949 : *Production, Isolation and antimicrobial, notably antituberculosis, properties of streptothricin*. VI, by DORRIS HUTCHINSON, E. AUGUSTUS SWART, SELMAN A. WAKSMAN. New-York, Academic Press, Inc; 2 fasc. 23cm.

Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine. Vol. LXIX, 1948 ; *Effect of Nutrients Upon Growth of Streptomycin-Sensitive-Resistant-and-Dependent Strains of* Escherichia coli, by WARREN P. IVERSON, SELMAN A. WAKSMAN. Vol. LXX, 1949 : *Streptocin, Antibiotic isolated from mycelium of* Streptomyces griseus, *active against* Trichomonas vaginalis *and Certain Bacteria*, by SELMAN A. WAKSMAN, DALE A. HARRIS, A. B. KUPFERBERG, H. O. SINGHER, H. STYLES ; 2 fasc. 25cm,5.

One hundred and third Annual Report of the Director of the astronomical Observatory of Harvard College for the year ending september 30, 1948, by HARLOV SHAPLEY. Cambridge, (Mass.) The University, 1949; 1 fasc. 21cm,5.

Geologia de la Costa sur del Pacifico de Colombia, por VICTOR OPPENHEIM, in *Instituto geofisico de los Andes Colombianos*, Série C, n° 1. Bogota ; 1 fasc. 23cm.

New Zealand Science Review. Vol. VII, n° 4, 1949. Wellington, Association of Scientific Workers by Geo W. Slade, Ltd ; 1 fasc. 28cm.

Electrotechnical Papers. Vol. I. n° 1, juin 1949. Tokyo, The Institute of electrical engineers of Japan ; 1 fasc. 26cm.

Publications of the astronomical Society of Japan. Vol. I, nos 1-2, 1949. Tokyo, Astronomical Observatory ; 1 fasc. 26cm.

Endogenous endocrinotherapy including the causal cure of cancer, by JULES SAMUELS. Seventh circular. Amsterdam, 1949 ; 1 fasc. 24cm.

Istituto veneto di scienze lettere ed arti. Celebrazione centenaria del 1848-49. *La capitolazione di Venezia del* 22 marzo 1848, par ROBERTO CESSI. Venise, Officine grafiche Carlo Ferrari, 1948 ; 1 fasc. 24cm.

Instituto de pesquisas tecnológicas Saõ Paulo. *Regulamentaçao referente às medições Medidas e Instrumentos de Medir comerciais. Legislação metrólogica*. Saõ Paulo, 1949 ; 2 fasc. 19cm,5.

Découverte du Kamtchatka et expédition de Bering, par L. S. Berg. Moscou, Académie des sciences de l'U. R. S. S., 1946 ; 1 vol. 23cm (en langue russe).

Manuel de parasitologie humaine, par EUGÈNE NICANOROVICH PAVLOVSKI. Moscou, Académie des sciences de l'U. R. R. S., 1948 ; 1 fasc. 27cm (en langue russe).

The lactic Acido-prateolytic Bacteria and the genotypiciti of the bacterial enzymes, par COSTANTINO GORINI, in *Enzymologia*. Vol. XII. Fasc. 2. La Haye, Uitgeverij Dr. W. Junk, 1947 ; 1 fasc. 26cm,5.

The Morphological and Cultural characters of the lactic acidoproteolytic cocci, par COSTANTINO GORINI, in *Enzymologia*. Vol. XIII. Fasc. 4. La Haye, Uitgeverij Dr. W. Junk, 1949; 1 fasc. 26^{cm},5.

Comptes rendus mensuels des séances de l'Académie des sciences coloniales, par M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL. *Extrait de la séance du* 1er *juillet* 1949. Paris, Académie des sciences coloniales, 1949; 1 fasc. 25^{cm} (présenté par M. R. Heim).

Catalogue des collections vivantes, herbiers et documents. II. *La mycothèque*, in *Muséum national d'histoire naturelle, Laboratoire de cryptogamie*. Paris, 1949; 1 fasc. 22^{cm},5 (présenté par M. R. Heim).

Repair of the tooth and Paradentium in the guinea pig, Rabbit, and cat, by T. D. BECKWITH, W. C. FLEMING, ADRIENNE WILLIAMS, in *University of California publications in Microbiology*. Vol. I, nº 1. Berkeley and Los Angeles, University of California Press, 1943; 1 fasc. 26^{cm},5.

Geologinen Tutkimuslaitos. *The general geological Map of Finland*. Sheet B4. *Kokola explanation to the Map of Surficial deposits*, by VEIKKO OKKO. Helsinki, 1949; 1 fasc. 25^{cm}.

Haut Commissariat de la République française à Madagascar et dépendances. Publications du Service météorologique de Madagascar nº 12. Octobre 1948. *Le cyclone tropical destructeur des* 26 *et* 27 *janvier* 1948 *à La Réunion*, par JEAN EMON. Tananarive, 1948; 1 fasc. polycopié 27^{cm},5 (présenté par M. Ch. Maurain).

(*à suivre*.)



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 NOVEMBRE 1949.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **John A. Wheeler**, Professeur à l'Université de Princeton, qui assiste à la séance.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la possibilité de produire dans un milieu uranifère des réactions nucléaires en chaîne illimitée.* Note de MM. **Hans Halban** junior, **Frédéric Joliot** et **Lew Kowarski**, retirée du pli cacheté n° 11 620, déposé le 30 octobre 1939, ouvert à la demande des auteurs, le 18 août 1948.

On sait que l'uranium irradié par les neutrons, subit une rupture nucléaire très exoénergétique. Lorsque ce phénomène est produit par les neutrons thermiques, il comporte une émission de neutrons rapides secondaires; il est probable (bien que non démontré) qu'une émission analogue accompagne la rupture produite par les neutrons rapides qui sont, d'ailleurs, beaucoup moins efficaces que les neutrons thermiques. Il a été mis en évidence que le nombre de neutrons secondaires libérés, en moyenne, lors d'une rupture provoquée par un neutron thermique, est de l'ordre de 3 à 4.

On conçoit que si le milieu uranifère contient un élément capable de ralentir les neutrons jusqu'à l'état thermique, on peut s'attendre à ce qu'une certaine fraction des neutrons secondaires provoque, après ralentissement, de nouvelles ruptures. Si cette fraction est supérieure à 1, une réaction à chaîne explosive pourrait prendre naissance au sein de la masse uranifère et s'y propager, sous certaines conditions, le nombre de ruptures se développant suivant une progression géométrique.

Condition nécessaire pour le développement d'une chaîne divergente. — La discussion des possibilités d'une telle chaîne exige la connaissance de ce qui peut advenir à chacun des neutrons présents dans le système, que nous

supposons limité et ne contenir que les éléments U, H, O (oxyde d'urane mouillé avec de l'eau).

Un neutron introduit ou produit dans le système y diffusera jusqu'à ce qu'il subisse un des sorts suivants :

1° Diffusion hors du système;

2° Absorption par le milieu lorsqu'il n'a pas encore atteint l'énergie thermique. Parmi les processus d'absorption de cette catégorie, l'absorption par résonance par l'uranium est fortement prédominante; elle ne provoque pas de rupture;

3° Absorption dans le milieu après que le neutron ait atteint l'énergie thermique. Trois processus sont ici à distinguer :

absorption dans l'hydrogène (celle dans l'oxygène est négligée);

absorption dans l'uranium sans rupture consécutive;

absorption dans l'uranium conduisant à la rupture.

La probabilité pour qu'un neutron quelconque provoque une rupture s'exprime par le produit de deux facteurs :

a. Probabilité d'être absorbé comme neutron thermique;

b. Probabilité, dans ce cas, de provoquer une rupture et non d'être absorbé par capture radiative dans U ou H.

Le facteur *a* peut être exprimé par le produit $(1-\alpha)(1-p)$ où p est la probabilité d'être absorbé par résonance dans un milieu infiniment étendu et α la probabilité moyenne (étendue à tous les neutrons introduits ou produits dans le système) de s'évader du système par diffusion, avant d'être absorbé comme neutron thermique et en faisant abstraction des possibilités d'absorption par résonance.

Le facteur *b* peut être décomposé à son tour en $(1-r)$ et $(1-s)$, où

$$r=\left(\frac{c_H\sigma_H}{c_H\sigma_H+c_U(\sigma_{U\text{cap}}+\sigma_{U\text{rup}})}\right)_{\text{therm}} \quad \text{et} \quad s=\frac{\sigma_{U\text{cap}}}{\sigma_{U\text{cap}}+\sigma_{U\text{rup}}}.$$

Si ν désigne le nombre de neutrons produits, en moyenne, par rupture, le nombre de ceux d'entre eux qui provoquent des ruptures nouvelles sera

$$\nu''=(1-\alpha)(1-p)(1-r)(1-s)\nu$$

ou encore, en posant $\nu'=\nu(1-s)$:

$$\nu''=(1-\alpha)(1-p)(1-r)\nu'.$$

C'est cette grandeur qui est caractéristique pour le développement de la chaîne. La condition nécessaire pour que la chaîne soit divergente est

$$\nu''>1.$$

Discussion de la valeur numérique de ν''. — Cette valeur dépend des quatre

grandeurs ν', α, p, r. En ce qui concerne ν', sa valeur peut être déduite avec une assez grande précision des résultats des recherches antérieures. En posant $\nu = 3,2$, $\sigma_{\rm rup} = 2,5 . 10^{-24}$ cm² et $\sigma_{\rm cap} = 1,3 . 10^{-24}$ cm² (l'incertitude sur la valeur de $\sigma_{\rm rup}$ affecte considérablement la valeur de ν, mais pas celle du produit $\nu\sigma_{\rm rup}$), on a $\nu' = 2,1$.

La valeur de α doit être déterminée expérimentalement pour chaque système; il est évident *a priori* que, quelle que soit la composition du milieu, α peut être réduit indéfiniment en augmentant les dimensions du système.

Pour obtenir la chaîne divergente dans un système uranifère infiniment étendu (et, *a fortiori*, pour l'obtenir dans un système limité), il faut donc réaliser un milieu dans lequel le produit $(1-p)(1-r)$ soit supérieur à $1/2,1 = 0,48$. En ce qui concerne la perte par résonance, sa probabilité est d'autant plus grande que le nombre des noyaux U rencontrés par le neutron entre deux chocs ralentissants contre H est plus grand. On peut donc chercher à diminuer p en augmentant la teneur du milieu en hydrogène, mais alors on augmente r. Le produit $(1-p)(1-r)$ doit présenter un maximum pour une certaine valeur du rapport des concentrations H/U.

Tandis que la valeur de r peut être prévue *a priori* pour chaque composition donnée, à partir des sections efficaces connues, $-p$ est une fonction compliquée de la forme et de la position des raies de résonance dans le spectre d'absorption des neutrons par l'uranium. Sa variation avec la concentration est impossible à prévoir; c'est pourquoi, nos expériences antérieures nous ayant déjà fourni les valeurs de p pour les concentrations élevées en H (140, 65 et 30 atomes H par atome U), nous avons jugé utile de déterminer p pour le domaine de faible teneur en H.

A cet effet nous avons déterminé la surface de la courbe $Ir^2 = f(r)$ (*voir* nos publications antérieures) dans un milieu riche en Cd et en H, en présence et en absence d'uranium. Le détecteur employé (Au) n'était sensible qu'aux neutrons d'énergie comprise dans une bande très étroite de résonance voisine de 3 volts (épaisseur du détecteur : 20 mg/cm²). Le cadmium supprimait la presque totalité des neutrons thermiques, de façon à rendre impossible la production de neutrons issus de l'uranium. Dans ces conditions, l'uranium se manifeste uniquement comme un diffusant (par chocs élastiques ou inélastiques) et comme un absorbant par résonance. Soient S_U et S_0 les deux surfaces trouvées. S est égal à $Q\tau$ (les nombres Q se rapportent aux neutrons de la bande Au); quant à la vie moyenne d'un neutron « Au », elle est inversement proportionnelle à la concentration d'hydrogène dans le milieu, de sorte que, finalement :

$$1 - p = \frac{S_U}{S_0} \cdot \frac{(C_H)_0}{(C_H)_U}.$$

Compte tenu d'un petit reste de neutrons thermiques donnant lieu à la production de neutrons secondaires, ces valeurs doivent subir une correction

de l'ordre de 1 %, ce qui donne

$$p = 0,70 \text{ (milieu contenant 1,4 atome H par atome U)}$$

et

$$p = 0,57 \text{ (milieu contenant 2,4 atomes H par atome U)}.$$

Deux autres corrections sont à signaler : si un des niveaux de U absorbe sensiblement dans la région de résonance Au, cette absorption modifiera la vie moyenne des neutrons « Au » de façon à affecter la surface observée. D'autre part, un reste de la bande de résonance U s'étendant au-dessous de la bande Au, la contribution de ce reste échappe à la mesure. Ces deux corrections sont petites et de sens contraire, mais on peut montrer que la deuxième surcompense la première, de sorte que la correction résultante ne peut qu'augmenter légèrement la valeur de p.

La distribution de la densité neutronique mesurée au cours de ces expériences montre, par ailleurs, que le milieu cadmié et mouillé à 1,4H (2,4H) se comporte, au point de vue du ralentissement des neutrons, comme un milieu aqueux raréfié dans la proportion 1:1,55 (1:1,42), tandis que la raréfaction réelle d'hydrogène atteint la proportion 1:4,8 (1:2,9). C'est la présence de l'uranium qui amène ce raccourcissement du chemin moyen de ralentissement; cependant cet effet est beaucoup trop prononcé pour pouvoir être expliqué par la diffusion élastique par l'uranium, compte tenu de l'ordre de grandeur connu pour la section élastique de l'uranium. Il faut donc admettre que l'uranium agit, en outre, soit par des chocs inélastiques, soit par un autre mécanisme, encore inconnu.

Quelle que soit sa cause, ce phénomène abaisse considérablement la valeur de α de façon à rendre $1-\alpha$ voisin de 1, même dans des systèmes d'étendue relativement faible.

Signalons qu'une discussion détaillée des résultats de nos expériences avec l'oxyde d'uranium mouillé [en collaboration avec F. Perrin (voir *Journal de Physique*, octobre 1939)] permet d'en déduire : 1° une relation entre les grandeurs ν' et p; en posant $\nu' = 2,1$, on arrive à des valeurs de p tout à fait comparables à celles qui résultent de la mesure directe exposée ci-dessus; 2° une limite supérieure pour la grandeur α qui se trouve être, en plein accord avec les résultats de l'expérience exposée ci-dessus, anormalement basse et qui donne lieu aux mêmes conclusions sur un rôle supplémentaire joué par l'uranium.

Une interpolation du produit $(1-p)(1-r)$ entre les deux domaines de concentration étudiés montre que cette expression passe par un maximum très aplati dans une région située entre 2 et 10 atomes H par atome U. Ce maximum est voisin de 0,40 et, de toute façon, presque certainement inférieur à la limite 0,48 postulée plus haut.

Possibilité de réaliser une chaîne divergente en changeant la composition isotopique du milieu. — Les considérations exposées ci-dessus montrent que

d'après les résultats expérimentaux obtenus jusqu'ici, il est presque certainement impossible d'obtenir une chaîne divergente dans un milieu homogène contenant de l'hydrogène et de l'uranium dans leur composition isotopique naturelle. Il résulte des considérations théoriques que l'absorption par résonance de neutrons d'énergie voisine de 25 volts ne peut être attribuée qu'à l'isotope 238 de l'uranium, tandis que la capture par absorption de neutrons thermiques serait due plutôt à l'isotope 235. Dans ce cas, un enrichissement assez faible de l'uranium (dans la proportion de l'ordre de 1 : 1,2) en isotope 235 pourrait amener un abaissement de s suffisant pour amener ν'' au-dessus de 1.

Une autre possibilité résulte du remplacement de l'hydrogène ordinaire par un autre corps léger, et notamment par l'isotope D. Dans un mélange U-D, la perte r par absorption de neutrons thermiques étant plus faible que celle qui a lieu dans un mélange U-H de composition analogue, on peut adopter une concentration élevée en D (ce qui réduit p) sans redouter une montée prohibitive de r. Puisque la perte moyenne d'énergie est un peu plus faible dans un choc neutron contre deutéron que dans un choc neutron contre proton, l'effet p est un peu plus grand dans U-D que dans U-H à concentration égale. Mais cette différence défavorable est sans importance, car précisément on est libre d'adopter une concentration élevée de D. L'optimum de $(1-p)(1-r)$ doit être sensiblement plus grand pour U-D que pour U-H. L'expérience est toutefois difficile à réaliser pour des raisons économiques.

Possibilité d'une chaîne divergente dans un milieu hétérogène U-H. — Si l'on pouvait réaliser un milieu idéal dans lequel les neutrons seraient ralentis jusqu'à l'état thermique dans l'hydrogène en absence d'uranium, et ensuite absorbés dans ce dernier, l'effet néfaste d'absorption par résonance par l'uranium serait supprimé. Cette solution idéale n'est pas réalisable; cependant on conçoit, qu'en distribuant l'hydrogène et l'uranium d'une façon discontinue, on peut s'en rapprocher. Adoptons pour les centres hydrogénés (petites sphères ou cubes noyés dans la masse uranifère) une dimension intermédiaire entre le chemin de diffusion d'un neutron thermique avant sa capture par l'hydrogène et le libre parcours d'un neutron d'énergie située dans le domaine de résonance de l'uranium. Dans ces conditions les neutrons parvenus à ce domaine d'énergie subiront plus souvent plusieurs chocs successifs contre l'hydrogène sans rencontrer l'uranium, que dans un milieu homogène. Après quelques chocs ils arriveront à une énergie inférieure à celle du domaine dangereux.

Toutefois ce gain sera contrarié par la perte correspondant à la capture par l'hydrogène dans le centre hydrogéné. Un calcul simple utilisant les valeurs connues des libres parcours et des vies moyennes des neutrons thermiques et de résonance dans les milieux hydrogénés indique que l'on peut augmenter notablement le produit $(1-p)(1-r)$ en travaillant avec des centres hydrogénés d'un diamètre de un à quelques centimètres, distribués dans l'oxyde d'uranium

sec de manière à obtenir une composition globale de l'ordre de 1 atome H par atome U. L'augmentation semble suffisante pour rendre possible le développement illimité de la chaîne. Cette conclusion est encore renforcée si l'on utilise, comme centre ralentissant, une substance deutériée.

Nous réalisons actuellement ce dispositif en employant des cubes en paraffine.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Lutétien lacustre et marin dans la chaîne des Aravis (Haute-Savoie).* Note de MM. **Léon Moret** et **Jean Rosset**.

Le Lutétien, sous son faciès mixte de couches à fossiles lacustres et de couches marines à grandes Nummulites, fut signalé pour la première fois, sur le front de la nappe de Morcles-Aravis, à Arâches, près de Cluses ([1]). Par la suite, il fut retrouvé dans le vallon des Chambres, au Nord de Samoëns ([2]); mais il n'était pas encore connu dans la chaîne même des Aravis. Il vient d'y être tout récemment découvert par l'un de nous (Jean Rosset), non loin du Reposoir, au Rocher Blanc.

Ce remarquable affleurement, assez vaste et situé entre les cotes 1200 et 1450, est caché en pleine forêt de Romme; nous en avons entrepris l'étude cet été. On doit l'interpréter comme un petit repli synclinal, couché vers le Nord-Ouest, accidentant la zone frontale de la nappe, ici refoulée sur les schistes tertiaires du grand synclinal autochtone du Reposoir et sur son annexe la klippe préalpine des Annes.

La structure de détail en sera exposée par l'un de nous, qui a entrepris son travail de thèse dans la région des Aravis, et nous voudrions pour le moment nous borner à l'étude du Nummulitique en décrivant les deux coupes les plus intéressantes, relevées dans ce terrain aux extrémités de ce nouveau synclinal du Rocher Blanc.

Coupe du Rocher Blanc (Sud-Est de Nancy-sur-Cluses, feuille Cluses-2 au 1/20 000. — On se trouve ici dans la partie Nord du synclinal et une bonne coupe de Nummulitique peut être relevée (non sans difficultés) en gravissant la falaise du Rocher Blanc. On a successivement de haut en bas, et sous l'Urgonien chevauchant la série tertiaire laminée :

1° Calcaire bréchique à petits éléments et passées locales de silex (Lutétien supérieur lacustre) (ce niveau peut disparaître par laminage);

2° Calcaire bleuâtre à patine blanche, avec petites Nummulites (début du Priabonien) (quelques mètres);

3° Complexe de calcschistes bleuâtres (Schistes à Globigérines) et de calcaires marneux

---

([1]) L. Moret, *Mém. Soc. Géol. France*, nouv. série, n° 22, 1934.

([2]) L. W. Collet, *Mat. Carte Géol. Suisse*, 1943.

grisâtres, se délitant par places en plaquettes parfois pétries de petites Nummulites avec rares Pectinidés (Priabonien) (plus de 200^{m}). La base de cet ensemble peut présenter des fragments empilés de grosses Huîtres (*Ostrea gigantica*) et des passées conglomératiques calcaires très minces (fin du Priabonien);

4° Calcaire siliceux gris, très dur, dont la partie supérieure, au contact du Priabonien, est perforée par des Mollusques lithophages (les perforations sont remplies par le Priabonien à petites Nummulites, riche en microfossiles) et la partie moyenne montre des nodules de silex se développant parfois en bancs irréguliers. Des sections de petits Gastropodes lacustres ont pu être observées dans le calcaire qui, en coupe mince, a les apparences d'un calcaire concrétionné, avec minuscules grains de quartz, mais sans micro-organismes. Par analogie avec la série mixte d'Arâches, on peut attribuer cette formation au Lutétien supérieur laguno-lacustre (10^{m});

5° Banc de 1^{m} de calcaire brèchique à éléments de 2 à 3^{cm} de diamètre, se continuant par 5^{m} d'un complexe calcaire siliceux analogue au n° 4 dont les bancs alternent avec des conglomérats à concrétions calcaires ne dépassant pas 1^{cm} et en général développées autour d'un petit fragment calcaire de quelques millimètres de diamètre (fin du Lutétien lacustre);

6° Calcaire noirâtre très compact, parfois quartzeux et glauconieux, renfermant dès sa base de nombreuses grandes Nummulites et des Alvéolines, donnant lieu à une falaise verticale de 20^{m} de hauteur (Lutétien marin). La base de ce calcaire repose sur le Sénonien, schistoïde et très laminé par une indiscutable surface de décollement, mais sans conglomérat interposé (contrairement à ce qui existe à Arâches).

Coupe dans la forêt au Sud-Est de Romme. — Après avoir suivi le contact anormal du sommet de la coupe précédente de façon continue sur près de 1^{km}, on le retrouve ici, vers l'extrémité Sud de l'affleurement, toujours entre l'Urgonien et le Lutétien subordonné et renversé. De haut en bas, on peut noter :

1° Quelques mètres de calcaire compact siliceux (rares cristaux de quartz) à patine grise sur laquelle se détachent les traces blanches de nombreuses grandes Nummulites et surtout Alvéolines (Lutétien inférieur marin);

2° Conglomérat-brèche à gros éléments (10^{cm} de diamètre) dont la taille diminue en descendant vers le sommet de la formation; quelques passées peu importantes de silex (début du Lutétien lacustre);

3° Complexe de bancs calcaires à petits Gastropodes lacustres et de calcschistes à zones siliceuses noirâtres (sommet du Lutétien lacustre);

4° Couches à petites Nummulites du Priabonien.

Conclusions. — La nouvelle série nummulitique découverte dans le synclinal du Rocher Blanc confirme et complète heureusement nos connaissances sur la stratigraphie du Lutétien de la nappe de Morcles-Aravis, étage dont la répartition semble bien ici se limiter à cette unité tectonique. Ainsi se trouvent définitivement fixées les limites et l'importance de la transgression lutétienne ([3]), caractérisée dans cette région par ses dépôts à grandes Nummulites et Alvéolines. On notera également l'importance de la régression du Lutétien

---

([3]) Pour autant que l'érosion a bien voulu en laisser en place des témoins.

supérieur, soulignée par des couches d'eau douce comparables (toutefois moins épaisses) à celles d'Arâches, sur la rive droite de l'Arve. Enfin, la transgression priabonienne est ici bien marquée par la présence d'un niveau taraudé par des lithophages (Pholades ?) au sommet du Lutétien lacustre.

M. **Albert Caquot** fait hommage d'un Ouvrage qu'il vient de publier, en collaboration avec M. Jean Kérisel, et intitulé : *Traité de Mécanique des sols.*

M. **Robert Esnault-Pelterie** fait hommage de l'édition anglaise de son livre : *Dimensional Analysis.*

Le R. P. **Charles Poisson** adresse à l'Académie un Mémoire qu'il vient de publier dans les *Mémoires de l'Académie Malgache : Le Magnétisme terrestre à Madagascar.*

NOMINATIONS.

Par l'unanimité des suffrages exprimés, MM. **Marcel Delépine** et **Paul Lebeau** sont réélus Membres de la Commission de contrôle de la Circulation monétaire.

CORRESPONDANCE.

M. **Maurice Roy** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Mécanique, par le décès de M. *Jules Drach.*

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture. *L'Unesco, un programme mondial.* Analyse du programme de l'Unesco pour 1949, voté par la Conférence générale à Beyrouth.

2° Academia republicii populare Române. *Buletin ştiinţific.* A. matematică, fizică, chimie, geologie, geografie, biologie, ştiinţe tehnice şi agricole. Tomul I, n° 1. — *Analele* Secţia de ştiinţe geologice, geografice şi biologice. Seria A, Tomul I, Memoriul 1.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Calcul symbolique à n variables et équations intégrales à n variables.* Note (*) de M. **Paul Delerue**, présentée par M. Henri Villat.

Le calcul symbolique à n variables nous a permis de généraliser aux équations intégrales à n variables bon nombre de résultats signalés aux *Comptes*

(*) Séance du 2 novembre 1949.

rendus par M. Parodi. Le parallélisme des démonstrations étant à peu près total, nous signalerons seulement les différences et nous donnerons quelques exemples.

1° La généralisation de la Note de M. Parodi [1] n'offre aucune difficulté. On peut étendre ce que dit M. Parodi [2] aux équations

$$\int_0^\infty \cdots \int_0^\infty f(y_1, \ldots, y_n) k(x_1 + y_1, \ldots, x_n + y_n)\, dy_1 \ldots dy_n = g(x_1, \ldots, x_n),$$

$$\int_0^\infty \cdots \int_0^\infty k(y_1, \ldots, y_n) f(x_1 + y_1, \ldots, x_n + y_n)\, dy_1 \ldots dy_n = g(x_1, \ldots, x_n).$$

2° Pour généraliser les résultats obtenus pour certaines équations intégrales de Fredholm ou pour une équation intégrale de seconde espèce à noyau singulier de Weyl [3], par exemple pour

$$f(x_1, \ldots, x_n) = \int_0^\infty \cdots \int_0^\infty k(x_1, \ldots, x_n; y_1, \ldots, y_n) f(y_1, \ldots, y_n)\, dy_1 \ldots dy_n = g(x_1, \ldots, x_n),$$

on suppose le noyau $k(x_1, \ldots, x_n; y_1, \ldots, y_n)$ ayant une transformée multiple de Laplace de la forme

$$\rho(p_1, \ldots, p_n)\, e^{-\sum_1^n y_i \psi_i(p_1, \ldots, p_n)},$$

les fonctions ψ_i étant telles que $\psi_i(p_1, \ldots, p_n) = p_i$ avec pour certaines applications

$$\rho(p_1, \ldots, p_n)\, \rho(\psi_1, \ldots, \psi_n) = 1.$$

On peut prendre d'abord pour $\psi_1, \psi_2, \ldots, \psi_n$ des fonctions réciproques de $p_1, p_2, \ldots, p_n$ seuls, les secondes itérées de ψ_i reproduiront la variable p_i, donc

$$\psi_i \psi_i(p_i) = p_i.$$

D'autres solutions sont possibles, mais le cas précédent est le seul qui nous ait donné des applications intéressantes.

Signalons, parmi d'autres, l'équation intégrale

$$f(x_1, \ldots, x_n) + \mu \int_0^\infty \cdots \int_0^\infty \times \left[\prod_1^n \left(\frac{x_i}{y_i}\right)^{\frac{\lambda_i}{2}} J_{\lambda_i}(2\sqrt{x_i y_i}) \right] f(y_1, \ldots, y_n)\, dy_1 \ldots dy_n = g(x_1, \ldots, x_n),$$

---

(1) *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 485-487.

(2) *Voir* aussi *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 996-998.

(3) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 870; **226**, 1948, p. 44; **226**, 1948, p. 153.

dont la solution est

$$f(x_1, \ldots, x_n) = \frac{1}{1-\mu^2}\left[g(x_1, \ldots, x_n)\right]$$
$$- \mu \int_0^\infty \cdots \int_0^\infty \left[\prod_1^n \left(\frac{x_i}{y_i}\right)^{\frac{\lambda_i}{2}} J_{\lambda_i}(2\sqrt{x_i y_i}) \right] g(y_1, \ldots, y_n)\, dy_1 \ldots dy_n.$$

De même,

$$\left(1 - \mu^2 \frac{\pi^n}{2^n}\right) f(x_1, \ldots, x_n) = g(x_1, \ldots, x_n)$$
$$+ \mu \int_0^\infty \cdots \int_0^\infty \sin x_1 y_1 \ldots \sin x_n y_n g(y_1, \ldots, y_n)\, dy_1 \ldots dy_n$$

est solution de

$$f(x_1, \ldots, x_n) = g(x_1, \ldots, x_n)$$
$$+ \mu \int_0^\infty \cdots \int_0^\infty \sin x_1 y_1 \ldots \sin x_n y_n f(y_1, \ldots, y_n)\, dy_1 \ldots dy_n.$$

On procédera de la même façon que M. Parodi dans le cas $\mu = (2/\pi)^{\frac{n}{2}}$.

3° Toujours dans les mêmes hypothèses qu'au 2°, on trouve une famille de noyaux réciproques à n variables ([4]), elle est donnée par l'intégrale multiple dans le domaine complexe

$$K(x_1, \ldots, x_n; y_1, \ldots, y_n) = \frac{1}{(2\pi i)^n} \int_{Br_1} \cdots \int_{Br_n} e^{-\sum^n p_i x_i + y_i \psi_i} \frac{\alpha(p_1, \ldots, p_n)}{\alpha(\psi_1, \ldots, \psi_n)}\, dp_1 \ldots dp_n,$$

α fonction arbitraire de $p_1, p_2, \ldots, p_n$.

A la suite de M. Carstoiu ([5]) on peut en effet généraliser au cas de n variables l'intégrale de Bromwhich-Wagner, c'est-à-dire que si $\varphi(p_1, \ldots, p_n)$ est l'image dans la transformation multiple de Laplace de $f(x_1, \ldots, x_n)$, f étant supposée holomorphe quand

$$\mathrm{R}(p_i) > \alpha_i, \qquad \text{avec} \quad i = 1, 2, \ldots, n \qquad (\alpha_i \text{ const.}),$$

on peut écrire

$$f(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \frac{1}{(2\pi i)^n} \int_{Br_1} \int_{Br_2} \cdots \int_{Br_n} e^{-\sum_1^n p_i x_i} \varphi(p_1, \ldots, p_n)\, dp_1 \ldots dp_n.$$

Le calcul symbolique à n variables nous a permis aussi de généraliser une autre Note de M. Parodi ([6]) sur la détermination de noyaux réciproques : des exemples peuvent être donnés.

4° La Note sur les solutions fondamentales d'un type d'équations intégrales singulières ([7]) peut aussi être généralisée. On devra prendre des fonctions ψ_1,

([4]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 810.
([5]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 45-7.
([6]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1877.
([7]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1237.

$\psi_2, \ldots, \psi_n$ qu'on appellera fonctions associées d'ordre 3, c'est-à-dire telles que

$$\psi_i[\psi_1(\psi_1, \psi_2, \ldots, \psi_n), \psi_2(\psi_1, \psi_2, \ldots, \psi_n), \ldots, \psi_n(\psi_1, \psi_2, \ldots, \psi_n)] = p_i.$$

Les résultats s'étendent à n variables, et dans le cas général, et dans le cas des valeurs singulières. Dans ce dernier cas, il s'introduit aussi une fonction arbitraire.

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Sur le calcul numérique des intégrales doubles.* Note (*) de Mme **Henri Berthod-Zaborowski** et M. **Henri Mineur**, présentée par M. Joseph Perès.

Soient $y_{x,x'}$ une fonction de deux variables x, x' et D un domaine du plan x, x' limité par une courbe fermée Γ. On se propose de calculer l'intégrale

$$I = \iint_D y_{x,x'}\, dx\, dx'.$$

Nous supposons que, pour chaque abscisse x d'un certain intervalle a, b, la parallèle à ox' coupe la frontière de D en deux points d'ordonnées x'_α et x'_β. Soit

$$z_x = \int_{x'_\alpha}^{x'_\beta} y_{x,x'}\, dx',$$

nous choisirons $n+1$ abscisses $x_0, x_1, \ldots, x_n$ dans a, b et nous calculerons z_x pour ces abscisses, soit par la formule de Gregory, soit par la méthode de Gauss. On aura ensuite

$$I = \int_a^b z_x\, dx$$

que l'on calculera par une formule d'intégration numérique utilisant les z_x connus.

Mais le choix des abscisses x_i et de cette formule dépend de la forme de Γ. Nous traiterons trois cas :

1° Les ordonnées de Γ sont régulières, même aux extrémités de l'intervalle a, b. Tel est le cas lorsque Γ se compose de deux arcs de courbe à tangentes non parallèles à l'axe x'. z_x est alors fonction régulière de x dans a, b, le calcul de I se fera, soit par la formule de Gregory en adoptant pour $x_0, x_1, \ldots, x_n$ des abscisses équidistantes, soit par la formule de Gauss en adoptant pour ces abscisses les racines du polynome de Legendre X_{n+1}.

2° Les ordonnées de Γ sont régulières sauf à une des extrémités b de l'intervalle a, b. Tel est le cas lorsque Γ se compose d'un segment de droite parallèle

(*) Séance du 2 novembre 1949.

à l'axe x' et d'une courbe tournant sa concavité vers les x' négatifs, admettant au point B d'abscisse b une tangente parallèle à x. Supposons $a=0$, $b=1$ et supposons que Γ a un contact du premier ordre avec sa tangente en B.

Soit

$$1-x=\mathrm{A}x'^2+\ldots \qquad (\mathrm{A}>0),$$

l'équation de Γ en B. x'_α et x'_β sont régulières sauf pour $x=1$ où ces fonctions se présentent sous la forme

$$x'_\alpha=\frac{1}{\sqrt{\mathrm{A}}}\sqrt{1-x}+\ldots,$$
$$x'_\beta=-\frac{1}{\sqrt{\mathrm{A}}}\sqrt{1-x}+\ldots.$$

On constate alors que z_x est singulière en B et s'écrit

$$z_x=\sqrt{1-x}\,g(x),$$

où g est une fonction régulière.

Conformément aux méthodes exposées récemment par M. Marcel Mayot et l'un de nous [1], on choisira pour les x_i :

$$x_0=1-\xi_0^2, \qquad x_1=1-\xi_1^2, \qquad \ldots, \qquad x_n=1-\xi_n^2,$$

où ξ_0, ξ_1, ..., ξ_n sont les $n+1$ racines positives du polynome de Legendre X_{2n+3}.

On adoptera

$$\mathrm{I}=\mathrm{K}_0 z_{x_0}+\mathrm{K}_1 z_{x_1}+\ldots+\mathrm{K}_n z_{x_n},$$
$$\mathrm{K}_h=2\,\mathrm{L}_h\xi_h;$$

où L_h est le coefficient qui, dans la méthode de Gauss, correspond à la racine ξ_h.

3° Les coordonnées de Γ sont singulières en a et b. Tel est le cas où Γ est une courbe fermée admettant pour $x=a$ et $x=b$ des tangentes parallèles à l'axe x'. Un raisonnement analogue à celui que nous venons de faire montre que

$$z_x=\sqrt{1-x^2}\,g(x),$$

en supposant $a=-1$ et $b=+1$, où $g(x)$ est régulière.

On adoptera alors

$$x_h=\cos\frac{h+1}{n+2}\pi \qquad \text{et} \qquad \mathrm{I}=\frac{\pi}{n+2}[z_{x_0}+z_{x_1}+\ldots+z_{x_n}],$$

conformément à la méthode exposée dans la Note précitée.

Ainsi, dans le calcul de l'intégrale

$$\iint_{\mathrm{D}}\frac{x'}{1+x}\,dx\,dx'$$

---

[1] *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 741.

étendue à l'intérieur de l'ellipse

$$2x^2 - 2xx' + x'^2 - x = 0,$$

nous avons trouvé 0,246 386 avec une somme de cinq termes, alors que les autres techniques d'intégration numérique exigent un grand nombre de termes pour obtenir un résultat semblable.

ÉLASTICITÉ. — *Extension des relations de Cauchy aux coefficients d'élasticité du troisième ordre*. Note de M. **André Herpin**, présentée par M. Jean Cabannes

1. L'énergie potentielle élastique d'un solide isotrope peut être développée suivant les puissances des déformations

$$U = U_0 + \frac{\lambda}{8} I_1^2 + \frac{\mu}{4} I_2 + A I_1 I_2 + B I_1^3 + C I_3,$$

I_1, I_2, I_3 étant les trois invariants de déformation

$$I_1 = \sum_i e_{ii}, \qquad I_2 = \sum_{i,k} e_{ik} e_{ki}, \qquad I_3 = \sum_{i,k,l} e_{ik} e_{kl} e_{li},$$

λ et μ sont les coefficients de Lamé.

L'ensemble des termes du troisième ordre joue un rôle important dans l'étude des pressions de radiation des ondes d'agitation thermique qui sont responsables de la dilatation thermique, ainsi que l'ont montré Lorentz, Debye et L. Brillouin (1). Nous les retrouvons encore lorsque nous voulons aborder, du point de vue macroscopique, les interactions entre les ondes d'agitation thermique, donc la conductibilité thermique à l'approximation de Debye (2).

2. On ne peut malheureusement faire, sur les coefficients A, B, C que des hypothèses plus ou moins fondées; leur calcul à partir des forces intermoléculaires est impossible, faute d'une connaissance suffisante de celles-ci. Aussi nous sommes-nous proposé de les déterminer, au moins en ordre de grandeur, dans le cas où seraient satisfaites les relations de Cauchy qui, pour un solide isotrope se réduisent à $\lambda = \mu$.

Nous avons supposé que le solide était formé de molécules dispersées au hasard et n'exerçant entre elles que des forces centrales dérivant d'un potentiel $\varphi(r)$. C'est à peu près la structure d'un verre, pour lequel la relation de Cauchy est assez bien satisfaite.

Pour effectuer le calcul, il suffit de développer l'énergie potentielle suivant les puissances des déplacements des molécules, en allant jusqu'à la troisième puissance, puis de supposer que le solide est soumis à une déformation homo-

(1) L. Brillouin, *Les tenseurs en mécanique et élasticité*, Paris, 1937.

(2) A. Herpin, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1207.

gène. Un regroupement convenable des termes nous permet de calculer des coefficients macroscopiques des différents ordres en fonction du potentiel φ et de ses dérivées. Pour les coefficients du second ordre, nous retrouvons la relation classique de Cauchy

$$\lambda = \mu = \frac{N}{60} \sum_i r_{0i}^4 \left[\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(\frac{1}{r} \frac{d\varphi}{dr} \right) \right]_{r=r_{0i}},$$

r_{0i} étant la distance de l'origine à la ième molécule, N le nombre de molécules par centimètre cube, la sommation étant à étendre à toutes les molécules. Pour les coefficients du troisième ordre, nous obtenons

$$A = \frac{11}{16} \frac{\Phi^{(3)}}{105}, \qquad B = \frac{3}{16} \frac{\Phi^{(3)}}{105}, \qquad C = \frac{\Phi^{(3)}}{105},$$

avec

$$\Phi^{(3)} = \frac{N}{12} \sum_i r_{0i}^6 \left\{ \frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left[\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(\frac{1}{r} \frac{d\varphi}{dr} \right) \right] \right\}_{r=r_{0i}}.$$

Les trois coefficients A, B, C satisfont donc aux relations

$$\frac{16}{11} A = \frac{16}{3} B = C.$$

Il n'y a qu'un coefficient élastique du troisième ordre qui soit indépendant. Le même calcul pourrait s'étendre aux ordres supérieurs; on ne trouverait qu'un coefficient indépendant pour chaque ordre.

3. Nous avons cherché à préciser un peu l'ordre de grandeur des coefficients A, B, C. Nous utiliserons pour cela un résultat de la théorie classique de la dilatation thermique qui conduit à la formule suivante :

$$\alpha = \chi_0 . Q . R . \frac{\rho}{M}.$$

α étant le coefficient de dilatation cubique, χ_0 le coefficient de compressibilité, R la constante des gaz parfaits, ρ la densité, M la masse moléculaire et Q un facteur qui a pour expression

$$Q = 1 - \frac{\frac{7}{6}\lambda + \frac{5}{3}\mu + \frac{40}{3}A + 24B + 8C}{\lambda + 2\mu} - 2\frac{\frac{\lambda}{2} + \mu + 4A + 4C}{\mu}.$$

Pour que la formule théorique cadre avec les résultats expérimentaux, il faut donner à Q une valeur voisine de 5. En faisant l'hypothèse $Q = 5$ on peut calculer A, B, C en fonction de $\lambda = \mu$. On trouve

$$A = -0,176\lambda, \qquad B = -0,048\lambda, \qquad C = -0,257\lambda.$$

Ces valeurs, certainement exactes, au moins en ordre de grandeur, se rapprochent assez de celles qu'avait proposées L. Brillouin sans justification.

AÉRODYNAMIQUE. — *Étude de la singularité au sommet d'une onde de choc attachée, dans un écoulement à deux dimensions.* Note (*) de M. **Henri Cabannes**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Pour l'étude des mouvements plans d'un fluide compressible, admettant ou non un potentiel, il est commode de mettre les équations générales sous la forme intrinsèque suivante :

$$(1)\qquad \rho q^2 \frac{\partial \theta}{\partial s} = -\frac{\partial p}{\partial n}, \qquad \rho q^2 \frac{\partial \theta}{\partial n} = \left(1 - \frac{q^2}{a^2}\right) \frac{\partial p}{\partial s},$$

s et n sont les abscisses curvilignes le long des lignes de courant et de leurs trajectoires orthogonales. θ désigne l'angle du vecteur vitesse avec Ox; q, a, p et ρ représentent la vitesse du fluide, la célérité du son, la pression et la densité. Dans le cas où il existe un potentiel des vitesses, il y a d'évidentes simplifications puisque la pression au repos est constante. Les équations (1) sont particulièrement favorables pour étudier le problème de l'onde de choc attachée.

2. Nous envisageons un obstacle, symétrique par rapport à Ox et présentant en O une pointe de demi-angle ψ, placé dans un courant gazeux uniforme de vitesse supersonique parallèle à Ox. Une onde de choc se forme à l'avant de l'obstacle; cette onde est attachée à la pointe lorsque le nombre de Mach M de l'écoulement initial est supérieur ou égal à un certain minimum M_0, fonction de ψ, et ψ inférieur à un certain maximum ψ_m; nous supposons qu'il en est ainsi. Nous désignons par β l'angle de l'onde de choc avec Ox, et par σ l'abscisse curviligne sur cette onde. k étant le rapport des chaleurs spécifiques du fluide, on pose $\mu^2 = (k-1) : (k+1)$.

Les équations du choc déterminent la tangente au départ de l'onde de choc. En les différentiant, on obtient

$$(2_1)\qquad \frac{d\theta}{d\beta} = 1 - 2\mu^2 \cos^2(\beta - \theta) - \sin(\beta - \theta)\cos(\beta - \theta)\{\operatorname{tg}\beta - \operatorname{cotg}\beta\},$$

$$(2_2)\qquad \left(1 - \frac{q^2}{a^2}\right)\frac{1}{\rho q^2}\frac{dp}{d\beta} = \left(1 - \frac{q^2}{a^2}\right) 2(1-\mu^2)\sin(\beta - \theta)\cos(\beta - \theta).$$

A partir de ces équations et des équations du mouvement, on forme des relations entre les dérivées d'ordre quelconque de la courbure en un point de l'onde de choc et les dérivées partielles en ce point de la fonction θ.

$$(3)\qquad \begin{aligned} \left\{1 - \frac{q^2}{a^2}\sin^2(\beta - \theta)\right\}^r \frac{\partial^r \theta}{\partial s^r} &= f_r(\mathrm{M}, \theta)\frac{d^r \beta}{d\sigma^r} + \mathrm{P}_r, \\ \left\{1 - \frac{q^2}{a^2}\sin^2(\beta - \theta)\right\}^r \frac{\partial}{\partial n}\left(\frac{\partial^{r-1}\theta}{\partial s^{r-1}}\right) &= g_r(\mathrm{M}, \theta)\frac{d^r \beta}{d\sigma^r} + \mathrm{Q}_r; \end{aligned}$$

$$(4)\qquad \begin{aligned} f_r &= \cos(\beta - \theta) f_{r-1} - \sin(\beta - \theta) g_{r-1}, \\ g_r &= \left(1 - \frac{q^2}{a^2}\right)\sin(\beta - \theta) f_{r-1} + \cos(\beta - \theta) g_{r-1}. \end{aligned}$$

(*) Séance du 24 octobre 1949.

Les fonctions P_r et Q_r sont des polynomes sans terme constant par rapport aux dérivées partielles d'ordre inférieur à r de la fonction θ. Les fonctions $f_0(M, \theta)$ et $g_0(M, \theta)$ sont les premiers membres des équations (2_1) et (2_2) respectivement.

Lorsque $r=1$ et $r=2$, on retrouve des relations et des résultats déjà connus : pour $M = M_0(\psi)$, la fonction $f_1(M, \psi)$ est négative. L'onde de choc devant présenter sa concavité vers l'aval en même temps que l'obstacle, il en résulte que sa courbure au sommet est alors infinie. L'écoulement présente en ce point une singularité, étudiée par Crocco [1] et Guderley. ψ étant donné, la fonction f_1 devient positive pour une valeur $M = M_1(\psi) > M_0(\psi)$; lorsque $M \geqq M_1$, les équations (3) dans lesquelles $r=1$ déterminent la courbure au sommet de l'onde de choc. La vitesse aval au point O, subsonique pour $M = M_0$ et $M = M_1$, est sonique pour une certaine valeur $M^\star(\psi)$ du nombre de Mach initial.

Lorsque la valeur de r est quelconque, on démontre les résultats suivants :

La valeur de ψ demeurant fixe, toutes les fonctions $f_r(M, \psi)$ sont positives pour $M \geqq M^\star$. Lorsque $M_0 < M < M^\star$, ces fonctions s'annulent pour des valeurs $M_r(\psi)$ du nombre de Mach initial, telles que

1° $$M_0 < M_1 < M_2, \quad \ldots, \quad M_r < M_{r+1} \ldots;$$

2° $$\lim_{r \to \infty} M_r(\psi) = M^\star(\psi).$$

3. Dans le cas simple où l'obstacle est terminé par un dièdre JOI de demi-angle $\psi < \psi_m$, l'écoulement présente en sa pointe une singularité essentielle pour $M = M_0(\psi)$: toutes les dérivées de la fonction $\beta(\sigma)$ sont infinies; lorsque M augmente, elles passent brusquement, les unes après les autres, de la valeur infinie à la valeur zéro; pour $M = M^\star(\psi)$, la vitesse aval en O est sonique et toutes ces dérivées sont nulles : l'onde de choc possède un segment rectiligne. Donc, dans le cas de l'obstacle terminé par un dièdre, la singularité que présente l'écoulement au point O persiste aussi longtemps que la vitesse après le choc en ce point demeure subsonique; elle disparaît seulement lorsque cette vitesse devient supersonique.

Pour $M > M^\star(\psi)$, l'onde de choc possède un segment rectiligne OA limité au point en lequel elle rencontre l'onde de Mach issue du point I; la combinaison des équations du choc et des équations du mouvement nous permet encore de déterminer la courbure de l'onde de choc au point A; dans le cas où la partie rectiligne OI de l'obstacle est terminée par un point anguleux, on

---

(1) *Atti del 1° Congresso dell'Unione Matêmatica Italiana*, 1937, p. 597-615.

obtient

$$(5)\qquad \frac{2(1-\mu^2)}{OI}+\frac{\sin(\beta-\psi)}{[\sin^2\alpha-\sin^2(\beta-\psi)]\cos^2\alpha}\times\frac{\sin(\beta-\psi+\alpha)}{\sin(\beta-\psi-\alpha)}\left\{f_0(M,\psi)-\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}g_0(M,\psi)\right\}\frac{d\beta}{d\sigma}=0,$$

α est l'angle de Mach dans l'écoulement après le choc au point A.

AÉRODYNAMIQUE. — *Mesure en soufflerie de la portance d'un profil de courant plan à incidence variable en régime harmonique.* Note (*) de M. Michel Scherer, présentée par M. Joseph Pérès.

En poursuivant la mise au point d'un ensemble de dispositifs expérimentaux, destiné à l'étude des mouvements variés en soufflerie, nous avons eu la possibilité de reprendre au laboratoire d'Alger les mesures faites par Reid et Vincenti (*Journal of Aeronautical Sciences*, 1940), en prospectant un domaine plus vaste de vitesses et de fréquences.

Le montage comprend un profil, placé entre les panneaux de courant plan, dont l'incidence varie de façon harmonique en tournant autour d'un axe parallèle à son envergure et situé à 42,4 % de sa corde à partir du bord d'attaque.

Le mouvement est entretenu par la mise en résonance d'un système élastique comprenant une barre de torsion et un ensemble de tringleries et de parallélogrammes (*fig.* 1).

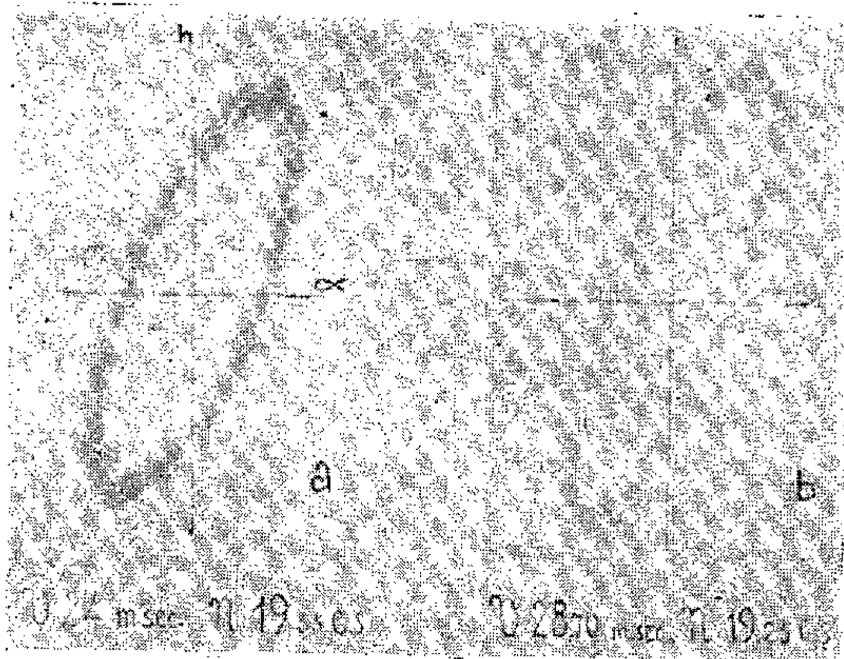


Fig. 1. Fig. 2.

L'excitation est fournie par un moteur électrique entrainant un excentrique et un ressort.

(*) Séance du 2 novembre 1949.

Par ailleurs, le profil est posé sur deux mâts maintenus verticaux par un second système de parallélogrammes. Les extrémités inférieures de ces mâts sont reliées à des barres de torsion faisant office de dynamomètres sans course. Ces barres de torsion sont équipées de jauges extensométriques à fil résistant qui détectent leur déformation. Les indications sont transmises à un oscilloscope après avoir été amplifiées.

En plaçant un papier sensible contre la vitre de l'oscilloscope, une série d'ellipses de Lissajous ayant en abscisse l'incidence et en ordonnée la portance a pu être enregistrée (*fig.* 2).

La fréquence propre de l'ensemble en translation suivant la direction de la portance est de 24,5 cycles/sec. Elle se trouvait être voisine des fréquences explorées qui varient entre 10 et 20 cycles-sec.

Cette disposition, agissant comme un filtre mécanique a permis d'obtenir des courbes particulièrement pures pour ce genre d'essai; la plus grande partie des perturbations dues aux fréquences parasites de faible amplilude, se trouvant ainsi en dehors de la bande passante.

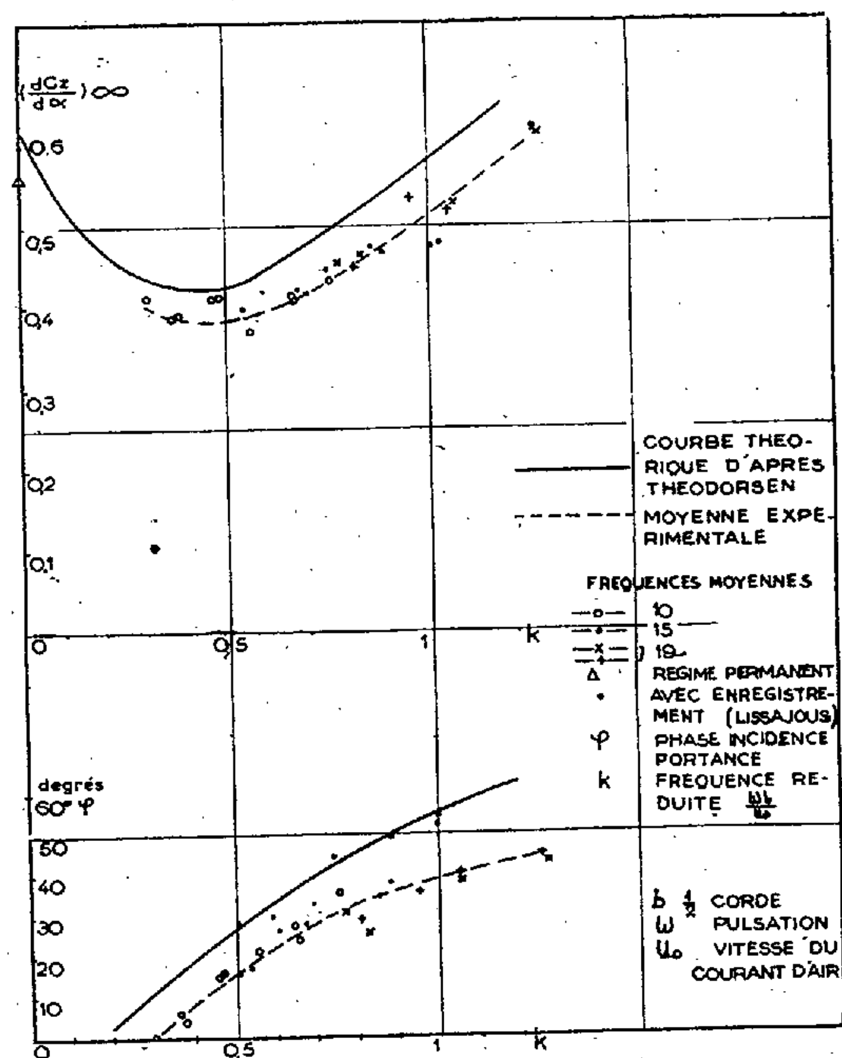


Fig. 3.

Les mesures de portances ont été corrigées des efforts d'inertie correspondants. Le calcul et l'expérience montrent que l'amortissement peut être négligé.

Nous avons ensuite calculé, à partir des donnés expérimentales, la pente du coefficient unitaire de portance par rapport à l'incidence $dCz/d\alpha$ et l'angle de phase incidence-portance φ.

Les résultats sont portés en courbe en fonction de la fréquence réduite k.

Les mêmes éléments calculés à partir de la théorie exposée par Théodorsen sont également portés sur les courbes (*fig.* 3).

L'examen des résultats montre que le rapport des ordonnées des courbes représentant les pentes théorique et expérimentale reste sensiblement constant. La valeur de ce rapport étant celle correspondant au régime permanent.

L'angle de phase mesuré est sensiblement inférieur à celui fourni par le calcul.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur l'effet d'inertie des sillages de disques circulaires se déplaçant dans l'eau d'un mouvement uniformément accéléré.* Note (*) de M. **Jean Luneau**, présentée par M. Joseph Pérès.

J'ai exposé dans une précédente Note (¹) le principe de la méthode que j'ai utilisée pour étudier l'influence de l'accélération sur la résistance au mouvement de corps se déplaçant dans l'eau d'un mouvement uniformément accéléré.

La présente Note a pour objet de rendre compte des résultats obtenus avec une série de disques circulaires dont la traînée a été enregistrée de façon instantanée et continue au cours du déplacement.

Toutes les courbes de traînées enregistrées mettent en évidence un accroissement sensible de la résistance au mouvement, dû aux effets d'inertie qui s'exercent sur le sillage des disques.

Cependant, ces sillages n'étant pas parfaitement reproductibles d'une expérience à l'autre, il arrive que les courbes enregistrées au cours de plusieurs essais faits dans des conditions identiques présentent des différences assez importantes. Pour rendre l'interprétation des résultats plus aisée, j'ai classé les courbes obtenues en plusieurs catégories.

a. Pour certaines courbes (ou parties de courbes) qui paraissent les plus régulières, l'écart entre la traînée enregistrée et la traînée calculée à partir des coefficients admis pour le mouvement uniforme reste sensiblement constant au cours du mouvement. Ces courbes correspondent à des mouvements où le sillage entraîné par le disque n'a pas subi de modifications importantes.

J'ai pu dégager de l'examen des courbes de cette première catégorie, qui sont les plus nombreuses, les conclusions générales suivantes :

1. Pour un même disque, les accroissements de traînées dus aux effets d'inertie sont sensiblement proportionnels aux accélérations.

2. Pour la série de disques utilisés et pour une même accélération, les accroissements de traînées sont sensiblement proportionnels aux cubes des diamètres des disques.

(*) Séance du 24 octobre 1949.

(¹) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 823-825.

Les coefficients d'inertie des sillages sur lesquels s'exercent les effets d'inertie sont donc eux-mêmes proportionnels aux cubes des diamètres des disques. Le tableau suivant donne les valeurs obtenues pour ces coefficients. Ils s'expriment en kilogrammes par des nombres voisins des cubes des diamètres mesurés en décimètres.

Diamètre des disques (cm).	10	15	20	23,5	30
Coefficients d'inertie I_S (kg).	env. 1	3 à 3,5	7 à 8,5	12 à 14	25 à 30

b. Pour quelques courbes, l'écart entre la traînée enregistrée et la traînée calculée à partir des coefficients admis pour le mouvement uniforme croît, soit de façon continue depuis l'origine, soit brusquement au cours du déplacement. Le coefficient d'inertie du sillage peut alors prendre une valeur double ou triple de celle que l'on a pu déduire des courbes de la première catégorie. Dans certaines expériences faites avec le disque de diamètre 30^{cm} le coefficient d'inertie du sillage a pu dépasser 80^{kg}. Après avoir atteint une valeur maxima, ce coefficient décroît souvent dans la suite du mouvement, pour reprendre une valeur voisine de celle qui correspond aux courbes de la première catégorie. Les valeurs les plus grandes enregistrées pour les coefficients d'inertie des sillages sont aussi sensiblement proportionnelles aux cubes des diamètres des disques.

J'ai comparé mes résultats expérimentaux avec ceux que l'on pourrait déduire de la formule théorique proposée par Lamb pour le coefficient d'inertie du fluide dans le cas de disques animés de mouvements uniformément accélérés. La formule $I_S = 1/3 \rho d^3$ rend bien compte de la relation entre l'inertie du fluide et le diamètre des disques, mais les valeurs numériques qu'elle donne pour cette inertie sont beaucoup plus faibles que celles qui résultent de l'expérience. Pour le disque de diamètre 30^{cm} la formule de Lamb donne $I_S = 9^{kg}$ alors que l'expérience donne, avec les courbes de la première catégorie $25 < I_S < 30^{kg}$, et avec les courbes de la seconde catégorie : $I_S > 80^{kg}$.

Enfin, pour rendre visibles les sillages et suivre leur évolution, j'ai réalisé des disques creux (boîtes plates) percés de petits trous à la périphérie ; de l'eau colorée par de la fluorescéine ou de la fuchsine est envoyée dans le disque creux et sort par les trous à très faible vitesse, en minces filets qui sont entraînés dans le sillage de l'obstacle, le rendant ainsi visible et permettant la photographie.

J'ai pu suivre les différents aspects pris par le sillage au cours du mouvement et vérifier en particulier que le volume du sillage observé correspond de façon satisfaisante aux valeurs des coefficients d'inertie déduits des courbes de la première catégorie.

HYDRODYNAMIQUE. — *Application de la théorie de la couche limite à l'étude de l'écoulement sur un barrage-déversoir.* Note (*) de M. **Georges Halbronn**, présentée par M. Joseph Pérès.

On sait que l'écoulement sur un barrage-déversoir large admet un potentiel de vitesse au voisinage de la crête et peut être étudié grâce à cette propriété; en réalité, il se développe au contact de la paroi du fond une couche limite dans laquelle les pertes par viscosité sont localisées, mais son existence perturbe peu l'écoulement théorique. Lorsque l'ouvrage est long (barrage déversant de grande hauteur, évacuateur en saut de ski) cette couche limite prend au contraire une importance prépondérante et c'est elle qui détermine les caractéristiques du mouvement en aval.

Au voisinage de la crête, la courbure des filets liquides est sensible. Pour calculer la couche limite, on devra recourir à une méthode numérique [méthode de Pohlhausen (1) par exemple] utilisant la distribution des vitesses extérieures déduites de l'écoulement irrotationnel. Plus en aval, sur un coursier à forte pente, la profondeur d'eau devient faible devant la charge et la courbure des filets négligeable. Dans ces conditions, la répartition des pressions est pseudo-hydrostatique et la vitesse u_1 en dehors de la couche limite est égale à $\sqrt{2gh}$ (h charge en un point), valeur sensiblement constante sur une normale au fond. Prenant ces normales et les parallèles à la paroi comme lignes $x = \text{const.}$ et $y = \text{const.}$, les équations du mouvement dans la couche limite s'écrivent avec les hypothèses habituelles :

$$u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} = g\sin i + \nu\frac{\partial^2 u}{\partial y^2},$$
$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0,$$

et les conditions aux limites $u = v = 0$ pour $y = 0$, $u = u_1$ pour $y = \delta$ (u et v composantes de la vitesse, i inclinaison du fond sur l'horizontale au point considéré, g accélération de la pesanteur, ν viscosité cinématique de l'eau, δ épaisseur de la couche limite). Par une intégration, il vient

$$\nu\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)_0 = u_+^2 = u_1\frac{d}{dx}\int_0^\delta u\,dy - \frac{d}{dx}\int_0^\delta u^2\,dy + g\delta\sin i.$$

Le calcul doit être poursuivi en introduisant la loi de variation de u en fonction de y; en général, la couche limite dans la zone où les hypothèses actuelles sont valables sera en mouvement turbulent. Pour ce régime, la loi de

(*) Séance du 2 novembre 1949.

(1) *Zeits. f. angew. Math. u. Mech.*, 1, 1921, p. 257-261.

distribution des vitesses dans une conduite varie suivant la valeur de $R_+ = (u + \varepsilon)/\nu$ (ε *rugosité de Nikuradse équivalente* de la paroi); d'après Prandtl [2] cette loi peut se mettre sous la forme générale :

$$\frac{u}{u_+} = \frac{1}{k}\left[\log_e D - n\log_e\frac{\varepsilon u_+}{\nu} + \log_e\frac{y}{\varepsilon}\right].$$

		D.	n.
Régime lisse L....................	$R_+ < 5,08$	9,01	−1
Régime de transition T_1............	$5,08 < R_+ < 14,1$	46,04	0
Régime de transition T_2............	$14,1 < R_+ < 70,8$	99,17	0,282
Régime rugueux R..................	$70,8 < R_+$	29,66	0

et dans tous les cas $k \neq 0,4$. En ce qui concerne les plaques planes dans un courant uniforme, nous avons vérifié par ailleurs [3] que les expériences connues ne permettaient pas de déceler une différence entre la loi de distribution des vitesses dans la couche limite et dans une conduite; supposant qu'il en est de même ici, il vient

$$(1)\qquad B u_1^{2-n} - \frac{e^z}{Z^n}\left[\frac{5}{2}(3+n)Z - 5(2+n)\right] = \frac{e^Z}{Z^n}u_1\frac{du_1}{dZ}\left\{\frac{5}{2}Z - \left[\frac{5}{2}(1+n)+5\right] + 5(2+n)Z^{-1}\right\},$$

en posant

$$B = \frac{k^{1-n}\nu^n D}{\varepsilon^{1+n} g \sin i}; \qquad Z = k\frac{u_1}{u_+}, \qquad \text{d'où} \quad \delta = \frac{\varepsilon e^z}{D}R_+^n,$$

i étant en général fonction de x, donc de u_1, force est encore de recourir à une intégration numérique de l'équation différentielle (1) pour obtenir Z en fonction de u_1 d'où l'effort de traction sur le radier. Lorsque la crête déversante se prolonge par un coursier plan, le calcul se simplifie. En particulier, toutes les courbes intégrales de (1) admettent une solution asymptotique commune qui peut se mettre sous la forme d'un développement

$$\frac{2B}{25}u_1^{2-n} = \frac{e^z}{Z^n}(Z + a_1 + a_2 Z^{-1} + \ldots)$$

avec

$$a_1 = -\frac{8}{5} - \frac{2}{5}(2-n); \qquad a_2 = \frac{22}{25}(2+n) + \frac{2(2-n)(3-4n)}{25}.$$

En pratique, les solutions se rapprochent très rapidement de cette asymptote qui est indépendante des conditions amont. On trouve par une voie différente un résultat analogue à celui qui a été établi pour les écoulements convergents de révolution [4].

---

(2) *Werft, Reederei, Hafen, ibid.*, **14**, 1934, p. 1-4.

(3) *La houille blanche*, 6, 1948, p. 524-526.

(4) R. Comolet, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 2049.

SPECTROSCOPIE. — *Émission des bandes atmosphériques de la molécule* O_2. Note (*) de Mme **Renée Herman** et M. **Louis Herman**, présentée par M. Jean Cabannes.

On connaît le rôle important joué par la molécule d'oxygène dans l'absorption infrarouge du spectre solaire. Ces bandes d'absorption dites *bandes atmosphériques* résultent de la transition interdite $X^3\Sigma_g^- \rightarrow A^1\Sigma_g^+$ et leurs coefficients d'absorption sont très faibles. Elles sont difficiles à exciter en émission, toutefois, les plus intenses ont été effectivement observées dans des conditions très particulières. Kaplan a ainsi photographié les bandes (0,0) et (0,1) dans l'oxygène mélangé à l'azote [1] et Herman, Hopfield, Hornbeck et Silverman ont noté la présence de plusieurs bandes dans l'explosion d'un mélange d'oxyde de carbone et d'oxygène [2].

La présence du spectre de l'azote, très intense dans l'infrarouge proche, est gênante pour l'observation du système $X^3\Sigma_g^- \leftarrow A^1\Sigma_g^+$ de l'oxygène. Nous avons donc cherché à l'exciter en absence d'azote, en diluant l'oxygène dans un gaz rare. Ce procédé permet, en général, d'obtenir une augmentation notable de l'intensité des transitions interdites. La nature du gaz rare employé joue également un rôle important que nous avons mis en évidence en utilisant deux lampes différentes, l'une remplie d'hélium, l'autre de xénon.

Les impuretés carbonées sont gênantes, surtout dans le cas de l'hélium. Nous les avons éliminées par une méthode déjà décrite [3]. Il est intéressant de noter que le spectre de CO^+, observé en présence d'hélium, montre un développement important du système interdit $A\,^2\Pi \leftarrow B\,^2\Sigma$. Outre les bandes habituellement émises, nous y observons les transitions (0,1), 4521 Å; (0,3), 4845 Å; (1,3), 4482 Å; (2,3), 4178 Å.

Lorsque l'oxyde de carbone est éliminé, on observe des bandes d'oxygène en émission dans tout le domaine spectral étudié, entre 2200 et 9000 Å environ. Il est intéressant de suivre les variations d'intensité relative des systèmes avec la pression partielle de l'oxygène. Comme on pouvait s'y attendre, l'intensité des bandes négatives augmente lorsque cette pression diminue. En même temps, on observe un important développement des séquences, particulièrement marqué dans le cas du deuxième système négatif $a \leftarrow b$ de O_2^+. De nombreuses bandes avaient déjà été mesurées entre 2060 et 6100 Å, mais nous avons pu en

(*) Séance du 2 novembre 1949.

(1) J. Kaplan, *Nature*, 159, 1947, p. 673.

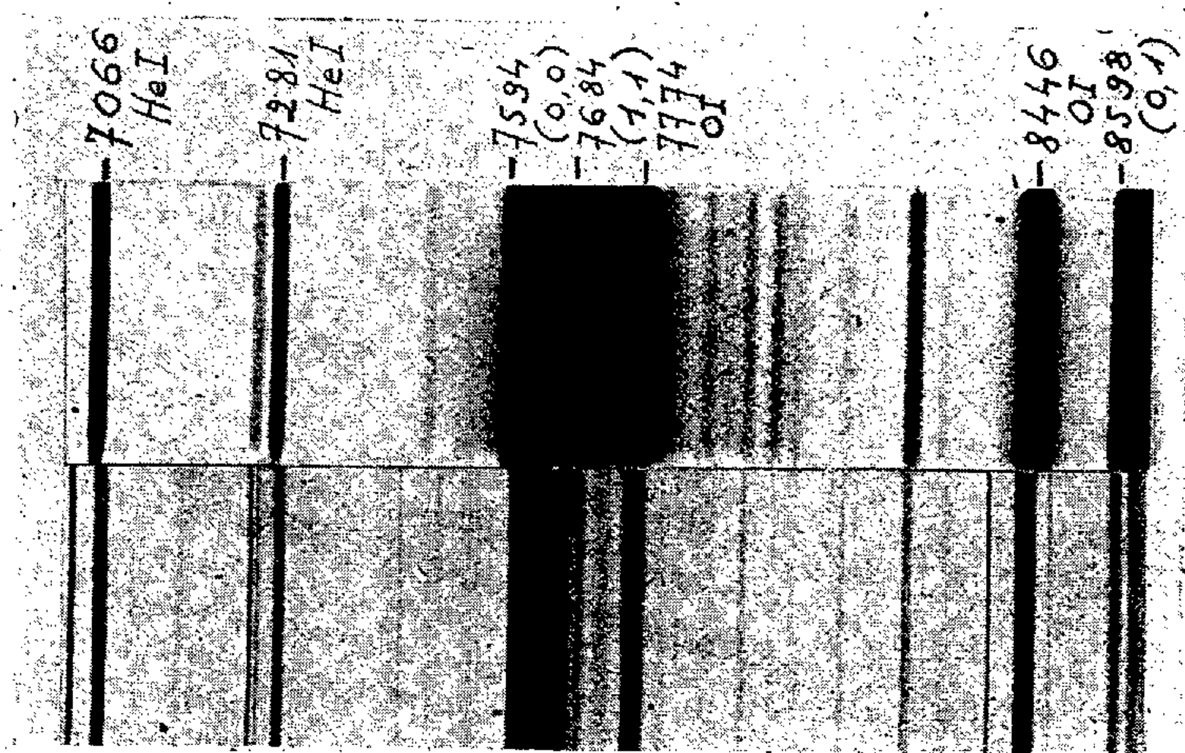
(2) R. C. Herman, H. S. Hopfield, G. A. Hornbeck et S. Silverman, *J. Chem. Phys.*, 17, 1949, p. 220.

(3) R. Herman, *Thèse*, Paris, 1945.

observer d'autres dans l'ultraviolet et le visible. Dans le tableau ci-dessous, les bandes connues sont indiquées par la lettre C, les nouvelles par la lettre N.

v'. v''...	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
0......	–	N	N	–	–	C	C	C	C	C	C	C	C	–
1......	N	N	–	N	C	C	C	C	N	N	N	C	C	C
2......	–	–	N	C	C	C	C	C	N	N	N	N	–	–
3......	–	N	C	C	C	N	N	–	–	N	N	–	N	N
4......	–	C	C	C	C	N	–	–	–	N	N	N	N	–
5......	–	C	C	C	N	N	–	–	–	–	–	–	–	N
6......	C	C	C	C	N	N	N	–	–	–	–	–	–	–

En même temps, plusieurs bandes atmosphériques sont émises dans l'infrarouge proche. Les transitions (0,0) 7594 et (0,1) 8598 sont les plus intenses, mais on observe également d'autres bandes plus faibles avec $v' = 1$ et $v' = 2$. Sur la reproduction ci-dessous on voit deux bandes de la séquence $v' - v'' = 0$: (0,0) 7594 et (1,1) 7684 et la bande (0,1) 8598 de la séquence $v' - v'' = -1$. Nous avons pu observer, en outre, les bandes (1,0), (1,2), (2,0), (2,2) et (3,0). L'intensité relative des bandes atmosphériques augmente avec la pression partielle de l'oxygène et ce système finit par être le seul émis dans le visible et l'infrarouge photographique.



Le spectre de l'oxygène dilué dans le xénon est tout à fait remarquable dans l'ultraviolet et dans le visible. Il ne contient pratiquement pas de bandes connues par l'étude du spectre de l'oxygène pur ([1]). C'est seulement dans

([1]) R. W. B. Pearse et A. G. Gaydon, *The Identification of Molecular Spectra*, 1941, p. 158.

l'infrarouge proche que l'on retrouve les bandes atmosphériques en émission, surtout la bande (0,0). Les seules autres radiations connues, présentes dans le visible et l'ultraviolet proche, sont les raies interdites 5577 ($^1S_0 - {}^1D_2$) et 2972 ($^1S_0 - {}^3P_1$) de OI.

Lorsque la pression partielle de l'oxygène augmente, on observe, en présence d'hélium, un spectre continu intense dans l'ultraviolet, en même temps que l'intensité des raies HeI décroît; ce spectre semble donc devoir être attribué à la molécule O_2. Contrairement au spectre continu, observé dans un mélange d'oxygène et de xénon, qui débute brusquement vers 2400 Å et s'étend vers les courtes longueurs d'onde, on ne trouve pas de limite bien précise pour le fond continu émis en présence de l'hélium.

ÉLECTROCHIMIE. — *Cryoscopies dans la cryolithe fondue.* Note de MM. **Eugène Darmois** et **Maurice Rolin**, présentée par M. Aimé Cotton.

Une série de discussions ont eu lieu récemment devant la Société Française des Électriciens au sujet de l'électrolyse des solutions d'alumine dans la cryolithe fondue [1]. Un certain nombre d'hypothèses ont été avancées concernant l'état de l'alumine dans la solution : présence d'ions $Al_2O_4^{--}$, O^{--}; formation de chiolite, etc. Dans l'état actuel de la question, aucune de ces hypothèses n'est vérifiable. Il nous a semblé que, puisqu'il s'agit de l'état moléculaire d'une substance en solution, la loi de Raoult devait pouvoir fournir les éléments d'une réponse. C'est pourquoi nous avons entrepris une série de cryoscopies dans la cryolithe fondue. La présente Note donne les premiers résultats de cette étude.

La cryolithe employée a été fournie par les établissements Alais-Froges-Camargue; son point de fusion est 1008°C. Les précautions prises pour protéger le couple platine-platine rhodié du liquide assez agressif seront décrites ailleurs. Il a fallu concilier cette protection avec la bonne conductibilité thermique du protège-couple. A cause des conditions assez spéciales de ces cryométries, il ne peut être question d'employer la méthode d'équilibre avec analyse subséquente de la solution. Les mélanges sont donc préparés par pesées, fondus et l'on note leur courbe de refroidissement, en reproduisant aussi exactement que possible les conditions pour la cryolithe pure et les solutions. Celles-ci sont toujours assez étendues; les abaissements dépassent rarement 5°; la précision est de 1/10 de degré.

Le tableau suivant donne les résultats relatifs aux solutions de ClNa, ClK, Cl_2Ba, TiO_2. p est le poids de corps dissous pour 1000^g de solvant, m la molarité

---

(5) R. Herman et L. Herman, *Journal de Physique* (sous presse).

(1) *Bull. Soc. Fr. Électriciens*, 6e série, 8, 1948, p. 503.

égale à p/M (M, masse moléculaire du corps dissous), ΔT l'abaissement cryoscopique, $\Delta T/m$ l'abaissement molaire.

ClNa.

$10^4 m$.	ΔT.	$\frac{\Delta T}{m}$.	$10^4 m$.	ΔT.	$\frac{\Delta T}{m}$.
292,5	1,2	41	1169,5	4,2	36
487	1,8	37	1169,5	4,1	35
682,5	2,5	36	1462	5,1	34
975	3,4	35	–	–	–

ClK.

152	1,1	72	456	3	65
180	1,3	72	532	3,7	69
228	1,6	70	540	3,5	64
304	2,1	69	630	4,1	65
360	2,5	69	720	4,7	65
380	2,7	71	810	5,1	63
450	2,9	64	900	5,3	69

Cl_2Ba.

64	0,8	125	256	3,2	125
135	1,7	125	270	3,4	125
162	2,1	129	320	4,1	128
243	3,1	127	384	4,8	125

TiO_2.

210	1,0	47	710	3,0	42
350	1,5	42	850	3,9	45
490	2,3	47	1050	4,3	40

Comme le faisait Raoult, on porte sur un graphique la valeur de $\Delta T/m$ en fonction de ΔT (ou m) et l'on extrapole pour $m = 0$. La valeur $(\Delta T/m)_0 = K$ est l'abaissement molaire à l'origine. On trouve respectivement pour les quatre substances ci-dessus

42 80 125 43

D'autre part la chaleur de fusion de la cryolithe est 16,64 calories-kilogramme par mole ([2]). La formule classique $K = (RT^2/JF)(M_1/1000)$ permet de calculer $K = 41,1$. D'après les nombres précédents, TiO_2 et ClNa donnent l'abaissement normal; ClK un abaissement double, Cl_2Ba l'abaissement triple. Dans des publications précédentes ([3]) l'un de nous a donné des règles

([2]) W. A. Roth et W. Bertram, *Z. Elektroch.*, 35, 1929, p. 305.

([3]) Résumé dans : *L'activité des solutions électrolytiques*, Actualités Hermann, n° 945.

concernant les cryométries dans les hydrates salins fondus. Elles s'appliquent ici et conduisent à admettre que : 1° la cryolithe est un sel de sodium AlF_6Na_3, dissocié en AlF_6^{---} et $3Na^+$; 2° TiO_2 n'est pas dissocié en solution; 3° les chlorures sont dissociés entièrement en leurs ions, les ions Na^+ du chlorure ne comptant pas puisqu'ils figurent déjà en quantité importante dans le solvant.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Densités de vapeur et chaleurs latentes de vaporisation de liquides organiques purs.* Note (*) de Mlle **Esther Nicolini** et M. **Paul Laffitte**, transmise par M. Paul Pascal.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons rapporté les résultats de mesures de tensions de vapeur de quelques liquides organiques purs. Dans la présente Note nous donnons les valeurs des densités de vapeur saturante de ces liquides et leurs chaleurs latentes de vaporisation calculées en partant des résultats précédents à l'aide de la formule de Clapeyron. Les densités de vapeur saturante ont été déterminées en introduisant une masse m de liquide dans l'appareil de mesures. Si v est le volume de la phase liquide, V celui de la phase vapeur, δ la densité de vapeur cherchée et d la densité du liquide, on a la relation

$$m = V\delta + vd,$$

qui permet le calcul de δ. Les valeurs de d à différentes températures ont été obtenues à l'aide d'une balance densimétrique.

Les tableaux suivants donnent les densités de vapeurs saturantes des substances étudiées.

1. — *Isooctane* (*2.2.4-triméthylpentane*).

t(°C).	δ(g/l).	t(°C).	δ(g/l).	t(°C).	δ(g/l).	t(°C).	δ(g/l).
18.....	0,250	34.....	0,478	50.....	0,868	62.....	1,289
22.....	0,297	38.....	0,562	54.....	0,989	66.....	1,472
26.....	0,350	42.....	0,648	58.....	1,128	70.....	1,673
30.....	0,406	46.....	0,753	–	–	–	–

2. — *2.2-diméthylbutane.*

0.....	0,580	12.....	0,932	25.....	1,508	35.....	2,139
2.....	0,620	15.....	1,045	28.....	1,678	38.....	2,366
5.....	0,705	18.....	1,174	30.....	1,804	40.....	2,524
8.....	0,800	20.....	1,267	32.....	1,934	42.....	2,685
10.....	0,864	22.....	1,358	–	–	–	–

(*) Séance du 2 novembre 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 757.

3. — *Éther diisopropylique.*

t(°C).	δ(g/l).	t(°C).	δ(g/l).	t(°C).	δ(g/l).	t(°C).	δ(g/l).
20.....	0,694	32.....	1,101	42.....	1,599	52.....	2,253
22.....	0,747	35.....	1,230	45.....	1,777	55.....	2,478
25.....	0,837	38.....	1,379	48.....	1,977	58.....	2,722
28.....	0,947	40.....	1,487	50.....	2,113	60.....	2,960
30.....	1,021	–	–	–	–	–	–

4. — *Formal diéthylique.*

t(°C).	δ(g/l).	t(°C).	δ(g/l).	t(°C).	δ(g/l).	t(°C).	δ(g/l).
0.....	0,127	25.....	0,404	45.....	0,909	60.....	1,535
5.....	0,161	30.....	0,494	50.....	1,087	65.....	1,813
10.....	0,201	35.....	0,613	55.....	1,298	70.....	2,122
20.....	0,324	40.....	0,752	–	–	–	–

5. — *Formal diméthylique.*

t(°C).	δ(g/l).	t(°C).	δ(g/l).	t(°C).	δ(g/l).	t(°C).	δ(g/l).
0.....	0,595	15.....	1,139	25.....	1,673	35.....	2,390
5.....	0,755	20.....	1,393	30.....	2,000	40.....	2,827
10.....	0,932	–	–	–	–	–	–

Le Tableau suivant donne les chaleurs latentes de vaporisation (Cal./g).

t(°C).	Isooctane.	2.2-diméthyl-butane.	Éther iso-propylique.	Formal diéthylique.	Formal diméthylique.
0.................	–	81,1	–	77,0	94,3
10.................	–	79,3	–	76,8	92,8
20.................	68,3	77,2	74,7	76,7	91,8
30.................	68,1	75,7	73,7	76,5	88,8
40.................	68,0	74,7	72,8	76,1	–
50.................	67,2	–	70,7	75,4	–
60.................	67,2	–	68,8	75,1	–
70.................	66,7	–	–	74,6	–

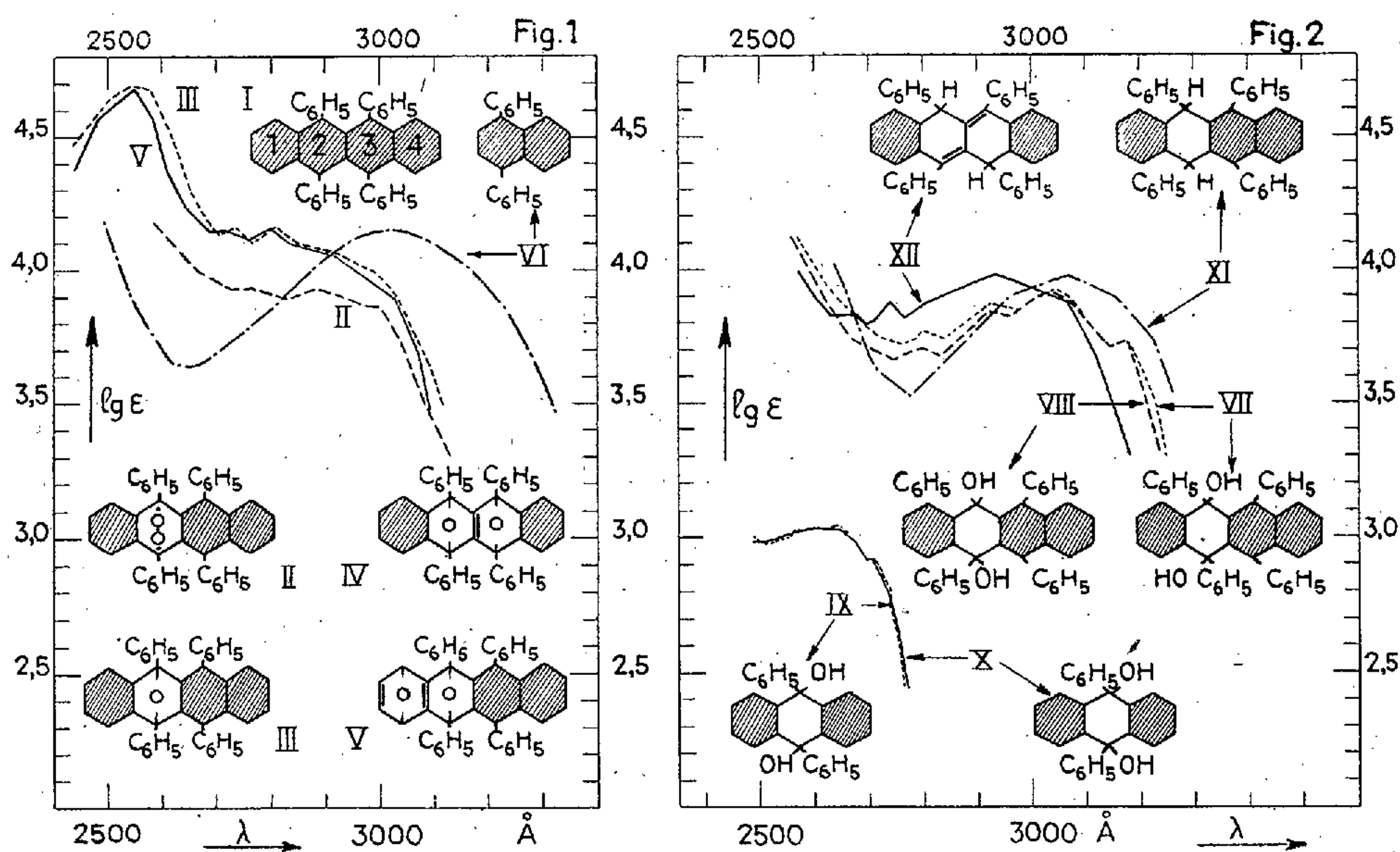
CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude spectrographique sur les formules de structure de l'isooxyrubrène et des deux dihydrorubrènes.* Note (*) de M. **Ivan Gillet**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Le rubrène I, comme d'autres arylnaphtacènes, possède, outre l'oxyde dissociable II, deux oxydes stables, le monooxyde et l'isooxyde, auxquels Enderlin (¹) attribuait respectivement les formules III et IV. Nous avons étudié leur structure par la méthode aux spectres U. V. déjà utilisée pour les photooxydes (1, 2, 3).

(*) Séance du 17 octobre 1949.

(¹) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 912, et *Ann. Chim. Phys.*, (11e série), **10**, 1938, p. 5.

a. Les formules II et III montrent des structures aromatiques tout à fait semblables, avec chacune un système de mésomérie diphénylnaphtalénique. Les courbes d'absorption de ces deux oxydes doivent donc être très proches. La formule IV, au contraire, ne présente que des systèmes benzéniques indépendants; la courbe d'absorption correspondante doit donc être nettement différente des deux autres. Or, nous avons trouvé que les courbes (II, III et V, *fig.* 1) de ces trois corps sont très voisines; la courbe V de l'isooxyde est même presque superposée à celle du monooxyde III; cela ne correspond pas du tout à la formule IV.



La comparaison de ces courbes avec celle du diphénylnaphtalène VI, montre une analogie de forme et une grande similitude de situation en longueur d'onde et en intensité d'absorption. Cette similitude de situation est d'autant plus frappante qu'elle isole très nettement ces courbes de celles du rubrène, carbure d'origine, et du benzène, élément constitutif des molécules étudiées. Les bandes caractéristiques du rubrène se trouvent en effet vers 5000 Å, tandis que celles du benzène, vers 2500-2600 Å, ont une intensité qui ne dépasse pas 2,5 unités « log ε ».

A l'appui de la formule III pour le monooxyde, Enderlin ([4]) apportait toute une série de faits chimiques et physiques. Notre courbe d'absorption (III, *fig.* 1) vient s'ajouter à ces faits et s'interprète également très bien par la même formule comme nous le verrons plus loin. Pour établir sa formule de l'isooxyde, Enderling s'appuyait également sur une longue série de faits et, par un raisonnement solide, arrivait à la conclusion que l'un des deux oxygènes devait se trouver en pont sur le noyau [2] du rubrène (formule I) dans la position

indiquée par la formule IV, et que l'autre oxygène devait former un pont semblable sur un noyau voisin. Mais là, plus aucun fait probant ne lui permettait de faire un choix définitif entre les noyaux [1] et [3]. Seule une raison de symétrie l'amena à la formule IV. La courbe d'absorption que nous avons déterminée (*fig.* 1), permet le choix en nous forçant à rejeter la formule IV. Cela nous mène tout naturellement à la formule V.

Cette dernière rétablit le parallélisme entre les formules et les courbes, quant à l'analogie avec le diphénylnaphtalène VI, le monooxyrubrène III et le photooxyrubrène II. Elle permet en outre, avec la formule III, d'expliquer certaines particularités des courbes : au delà de 2700 Å vers les grandes longueurs d'onde, l'absorption diphénylnaphtalénique prédominante, bien que déformée, donne aux courbes III et V des tracés presque identiques; en deçà de 2700 Å, l'absorption benzénique, s'ajoutant à la précédente, rehausse les deux courbes dans une mesure en rapport à peu près quantitatif avec le nombre des noyaux benzéniques contenus respectivement dans les molécules III et V.

Devant cette concordance, nous pouvons légitimement, à côté de la formule III d'Enderlin pour le monooxyde, proposer la formule V pour l'isooxyde. Cette dernière, présentée comme hypothèse de travail, demande évidemment à être vérifiée, notamment par la voie chimique. Pour le moment elle explique tous les faits connus.

b. Un second fait concerne les deux dihydrorubrènes. Les courbes d'absorption (XI et XII, *fig.* 2) de ces deux isomères sont différentes, alors que celles des dihydroxyrubrènes VII et VIII sont presque identiques. Il semble donc que le type d'isomérie ne soit pas le même dans les deux cas. Comme les deux quinols du diphénylanthracène, isomères *cis-trans*, ont aussi des courbes presque identiques (IX et X, *fig.* 2), l'isomérie des dihydroxyrubrènes doit être *cis-trans*. Ce fait et une analogie avec le cas des naphtacène-quinones ([2]) nous amène à proposer, provisoirement, l'isomérie *antio-dia* (XI, XII) pour les dihydrorubrènes.

Une étude plus approfondie sera nécessaire pour élucider ce cas.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrolyse des céto-esters mésodihydroanthracéniques. Les céto-acides*. Note (*) de M. **Jean Rigaudy**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Les céto-esters mésodihydroanthracéniques (I) dont j'ai précisé les modes d'obtention dans deux précédentes Notes ([1]) ([2]) devaient donner facilement

---

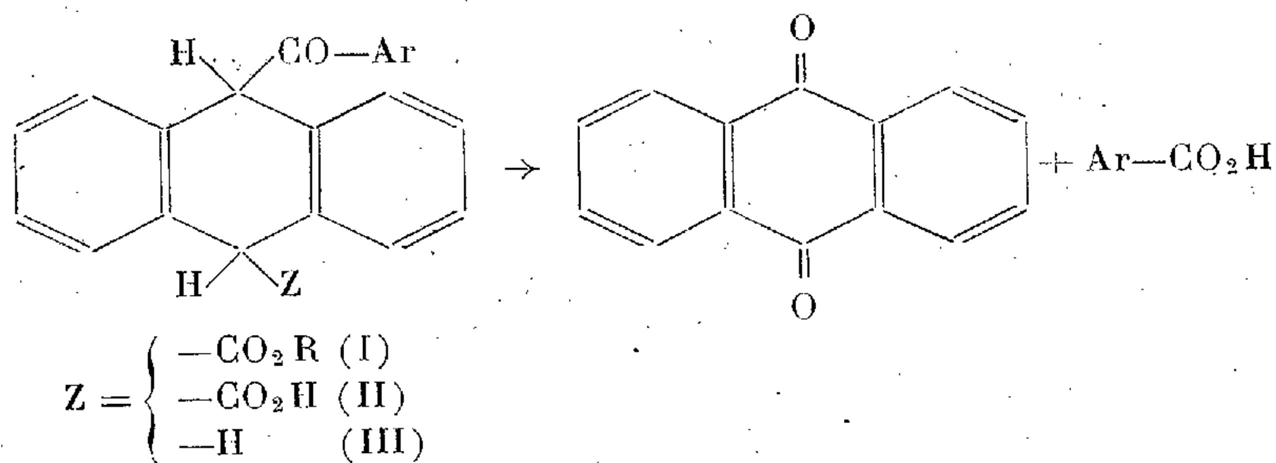
([2]) Ch. Dufraisse et J. Houpillart, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 756.

(*) Séance du 2 novembre 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 1327.

([2]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 662.

par hydrolyse les céto-acides correspondants (II). Cette réaction pourtant classique s'est révélée ici singulièrement délicate par suite de la fragilité de ces produits en milieu alcalin.



$$Z = \begin{cases} -CO_2R & (I) \\ -CO_2H & (II) \\ -H & (III) \end{cases}$$

En effet, lorsqu'on dissout les céto-esters (I) dans la potasse méthylique moléculaire, il se développe une coloration jaune orangé, indice d'une énolisation au moins partielle de la fonction cétone, et la solution obtenue laisse bientôt déposer, par agitation à l'air, de fines aiguilles d'anthraquinone formée par autoxydation. On évite cette dégradation en se plaçant à l'abri de l'oxygène, mais la réaction normale d'hydrolyse peut encore se trouver concurrencée par le *dédoublement acide*, coupure du reste aroyle, facile dans cette série puisqu'il se produit complètement dès la température ordinaire avec le reste benzoyle.

Devant ces difficultés, je me suis tourné vers les catalyseurs acides et j'ai finalement réalisé la saponification par chauffage en tube scellé avec HCl concentré ($d = 1,18$). Plusieurs céto-acides (II) ont ainsi été obtenus, dans un état de pureté satisfaisant, avec des rendements qui atteignent 90 %, voire davantage. L'action ménagée du chlorure de thionyle conduisait aux céto-chlorures d'acide correspondants.

Acide benzoyl-9 dihydro-9.10 anthracènecarboxylique-10 *cis* (II, $Ar = C_6H_5$), $C_{22}H_{16}O_3$. Le produit est identique à celui déjà préparé par condensation directe [*voir* ([2])]. F_{inst} 199°.

Chlorure d'acide : $C_{22}H_{15}O_2Cl$, F_{inst} 157°-158° (décomp.).

Acide *p*-toluyl-9 dihydro-9.10 anthracènecarboxylique-10 *cis* (II, $Ar = C_6H_4 - CH_3$), $C_{23}H_{18}O_3$, F_{inst} 251°-252°.

Chlorure d'acide : $C_{23}H_{17}O_2Cl$, F_{inst} 172°-173° (décomp.).

Acide *p*-anisoyl-9 dihydro-9.10 anthracènecarboxylique-10 *cis* (II, $Ar = C_6H_4 - OCH_3$), $C_{23}H_{18}O_4$, F_{inst} 236°.

En dehors de l'importance qu'elle peut avoir dans la chimie de ces composés, la dégradation des céto-esters et des céto-acides par autoxydation mérite une attention spéciale.

Elle semble générale pour tous les dérivés monocétoniques en méso du dihydroanthracène car on la retrouve avec la dihydroanthraphénone (III, $Ar = C_6H_5$) en solution dans la potasse méthylique. En outre, elle se manifeste avec une

netteté peu commune chez les autoxydations : l'anthraquinone étant recueillie directement pure avec un rendement presque quantitatif, tandis que l'acidification de la solution libère l'acide Ar — CO_2H, dont la nature est caractéristique de la structure du céto-dérivé et sert à l'établir.

De plus, la vitesse de la réaction diminue considérablement avec le pH de la solution; on le constate, en solution aqueuse, avec les céto-acides, excepté avec le *p*-tolylcéto-acide (II, Ar = $C_6H_4 - CH_3$) qui donne lieu à une isomérisation d'un type particulier en cours d'étude. Cette vitesse est si réduite dans le CO_3NaH en solution saturée (pH = 8,4) que la dissolution dans ce milieu permet la séparation et la purification des céto-acides.

En résumé, cette autoxydation présente tous les caractères de celles du benzoylfluorène et de l'acide diphénylpyruvique signalées récemment ([3]). Dans ces deux cas, il avait été admis en accord avec les théories de Farmer et de ses collègues ([4]) et avec les conclusions de Paquot ([5]) que les produits recueillis résultaient de la coupure d'hydroperoxydes instables, formés intermédiairement par suite d'une activation de l'atome d'hydrogène situé en α du groupement carbonyle. Un mécanisme ionique avait même été proposé car les réactions ont lieu uniquement en milieu alcalin.

Il paraît logique d'admettre qu'un mécanisme du même genre intervient dans le cas présent [*voir* ([3]) et ([6])]; on remarque alors qu'il nécessite la consommation de deux molécules d'oxygène par molécule de produit cétonique autoxydé.

GÉOLOGIE. — *Sur certains aspects de la morphologie littorale des plages et leur interprétation.* Note de M. **André Rivière**, présentée par M. Charles Jacob.

Sur la côte varoise et en beaucoup d'autres points des côtes méditerranéennes, les grèves sableuses présentent fréquemment le profil suivant : 1° une partie faiblement inclinée correspondant à la plage proprement dite; 2° une pente modérément inclinée sur laquelle les vagues achèvent de déferler; 3° du côté du large, cette pente se termine par un talus au profil convexe et à forte pente que l'on pourrait appeler *talus de déferlement*, remarquable par une granulométrie relativement grossière, surtout à sa partie inférieure, parfois presque exclusivement formée de galets et de graviers;

([3]) J. Rigaudy, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 253.

([4]) *Trans. Faraday Soc.*, **38**, 1942, p. 348 et **42**, 1946, p. 228.

([5]) *Bull. Soc. Chim.*, (5), **12**, 1945, p. 450.

([6]) Ch. Dufraisse, A. Étienne et J. Rigaudy, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1773.

(*) Séance du 2 novembre 1949.

4° une zone de pente très faible, en continuité avec les fonds du large mais présentant souvent (surtout par gros temps), au contact du talus de déferlement, quelques ondulations paraissant liées à des phénomènes d'ondes stationnaires (ressac du talus de déferlement?), passant rapidement à des ripple-marks de type normal. Les fonds de cette dernière zone présentent de nouveau une granulométrie plus fine, et les éléments grossiers provenant du talus de déferlement y sont généralement localisés (s'il s'en trouve) au fond des rides (surtout des premières). Quoi qu'il en soit, au pied du talus de déferlement, le changement granulométrique est excessivement rapide. Ces caractères morphologiques des profils littoraux sont qualitativement très constants et persistent malgré des modifications parfois importantes en relation avec les variations du niveau et de l'état de la mer.

L'observation directe (lunette de plongée) montre que la base du talus de déferlement correspond approximativement au point où le mouvement ondulatoire des lames, déjà très déformé, achève de se transformer en un mouvement alternatif des masses d'eau, lancées en avant vers la plage et reculant ensuite sous l'effet de la pesanteur. Galets, graviers et grains de sable entraînés en avant d'autant plus loin qu'ils sont moins gros sont ramenés en arrière par le reflux de chaque vague, la pesanteur jouant un rôle non négligeable dans le retour au pied du talus des éléments les plus grossiers qui ont tendance à s'y arrêter jusqu'à ce que le déferlement d'une vague suffisamment forte les rejette en avant.

Par beau temps, il arrive que les variations de niveau d'une mer faiblement agitée entraînent l'apparition d'un nouveau *talus de déferlement*, à un niveau sensiblement différent de celui qui préexistait et sans que celui-ci soit immédiatement détruit. Il en résulte un profil en gradins, très caractéristique, mais instable.

Les observations faites en divers lieux montrent que l'existence du talus de déferlement est indépendante du sens de l'évolution de la plage (avancée ou recul du rivage). Les cordons de galets ou de graviers ainsi constitués se prolongent parfois très loin le long des côtes basses, à de grandes distances de leurs zones d'alimentation, montrant que la zone du talus de déferlement (ainsi sans doute qu'une étroite bande contiguë) est également la zone dans laquelle les phénomènes de transfert latéral atteignent leur maximun d'intensité.

Cet aspect des profils littoraux semble rarement s'observer sur les côtes atlantiques, sans doute en raison du déplacement au cours des marées de la zone où pourrait se constituer le talus de déferlement. Par contre l'existence d'une zone de transfert intensif, étroite et active mais mobile, permet de comprendre la dispersion sporadique sur ces plages de cordons ou de nappes plus ou moins étendues de cailloutis et de galets, dont la granulométrie peut

différer profondément de celle des sables adjacents. C'est probablement aussi des mêmes phénomènes que dépend la nette rupture de pente que l'on observe fréquemment vers la laisse de basse mer correspondant aux marées moyennes.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de plusieurs phases de diastrophisme en Tunisie Orientale.* Note de M. **Gilbert Castany**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Les études détaillées, à l'échelle du pli, mettent en évidence, en de nombreux points de Tunisie Orientale, la présence de mouvements orogéniques d'âges différents, dont l'interférence explique la complexité structurale de cette région. Les exemples les plus caractéristiques sont réalisés dans la chaîne Nara-Sidi Kralif et au Djebel Chérahil au Sud Ouest de Kairouan.

L'accident Nara-Sidi Kralif dissymétrique, orienté NS, présente un flanc occidental régulier alors que le versant oriental laminé est en grande partie effondré. Tous les terrains y sont représentés (sauf une lacune de l'Éocène supérieur, générale en Tunisie Orientale), du Lias inférieur au Miocène. Les couches présentent de nombreuses variations locales de faciès et de puissance résultant de pulsations locales qui seront analysées ultérieurement. C'est toutefois déjà une preuve de l'instabilité constante de cette zone au cours des temps géologiques.

Dans des Notes précédentes ([1]) nous avons décrit la partie centrale et méridionale de cette unité. Les levers détaillés au 1/20 000 et au 1/50 000 montrent la structure complexe des couches du Jurassique et du Crétacé inférieur et moyen, qui contraste avec la régularité des terrains de bordure du Crétacé supérieur au Miocène. *Au Djebel El Attaris*, une faille importante redoublant la série Crétacé inférieur et moyen n'affecte pas le Sénonien supérieur (Campanien) pas plus que les étages surincombants qui, du Nord au Sud, se poursuivent avec régularité sur près de 50^{km}. En ce point apparaît donc une phase orogénique qui se situerait au Sénonien inférieur, le Turonien fossilifère étant intéressé.

Les couches jurassique et Crétacé inférieur et moyen des *Djebels Sidi Kralif et Faïd* sont accidentées par de nombreuses fractures dessinant un réseau orthogonal, accompagnées de laminages, de disharmonies, qui contrastent avec la régularité des couches plus récentes post-turoniennes. *Ces deux exemples mettent en évidence la présence d'une phase antésénonienne.*

Le flanc oriental du pli réalise le maximum de complexité. Failles, dislocations, laminages s'y succèdent avec formation d'écailles de calcaires campaniens ou jurassiques, de grès albo-aptiens, au sein de gypses liasiques ou éocènes avec, par places, quelques lambeaux de Jurassique, témoins de la

---

([1]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 684-688; *Ann. Mines et Géologie*, Tunis, 1947.

retombée anticlinale Est. La présence de lumachelles et de calcaires lutétiens montrent qu'ici, le Nummulitique a participé à l'orogénèse dont le paroxysme peut être fixé à la fin du Miocène, début du Pliocène. L'ensemble dessine une zone de fractures, étroite bande, large de quelques dizaines de mètres, s'étendant sur près de 100^{km}, du Nord au Sud, d'El Aouareb au Djebel Bou Dinar. Nous l'avons assimilée, en 1946, au Djebel Nara, à un pli-faille ([2]). Les études détaillées poursuivies ces dernières années dans toute la chaîne et analysées à la suite des travaux de L. Glangeaud dans le Jura ([3]), nous ont permis d'y reconnaître non pas l'effet d'une seule phase orogénique qui conditionne la notion de pli-faille, mais de plusieurs déformations. Cette origine polygénique nous conduit à assimiler cette structure aux *failles-plis* de L. Glangeaud. Il s'agirait d'une zone de fractures contemporaines des accidents d'âge crétacé du flanc occidental, plissée au cours du paroxysme alpin (Pontien-Pliocène inférieur). Son ampleur permet d'affirmer qu'elle correspond à une fracture du bâti profond dont la signification structurale apparaît lors d'une analyse à l'échelle de la chaîne toute entière.

Le Djebel Cherahil, situé à l'Est des accidents précédents, d'orientation SSE-NNO, donne lieu à des observations qui viennent confirmer nos hypothèses. Au centre, la série est normale, du Cénomanien au Miocène supérieur. Vers le Nord, on note d'importantes variations de faciès et d'épaisseurs des couches du Crétacé moyen et supérieur et du Lutétien inférieur, de telle sorte qu'à la fermeture périclinale, le Lutétien supérieur repose directement sur les grès et dolomies de l'Albo-Aptien. A quelques centaines de mètres au Sud, le Sénonien supérieur (Campanien) est transgressif et en discordance tectonique sur le Crétacé inférieur. Nous décelons donc au Chérahil-Nord des *mouvements d'âge crétacé, anté-campanien*.

D'autres exemples pourraient être cités. Ils feront l'objet d'une étude complète et détaillée.

Les études géologiques détaillées ont montré la présence en Tunisie Orientale de plusieurs phases de diastrophisme qui permettent d'expliquer la complexité structurale de ses plis, et leurs importantes anomalies directionnelles.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la structure de la Galilée libanaise et de la dépression du Houlé.* Note de M. **Étienne de Vaumas**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

On peut appeler du nom de Galilée libanaise, la partie septentrionale du massif galiléen qui se trouve incluse dans le territoire de l'État du Liban. Elle

([2]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 812, 814.

([3]) *Bull. Soc. Hist. Nat. Doubs*, n° 51, 1945, p. 17-38 et 52, 1948, p. 5-16; *Bull. Soc. Belge de Géologie*, 1947.

est limitée au Nord par le Nahr Qasmié, au Sud par la frontière libano-palestinienne, à l'Est par la dépression du Houlé, à l'Ouest enfin par la Méditerranée.

1. *Structure de la Galilée libanaise* (1). — Cette région est formée d'un haut pays qui occupe presque toute la zone qui vient d'être délimitée et d'un bas pays, cantonné dans l'angle Nord-Ouest de celle-ci.

Le bas pays prolonge celui qui bordait, au Nord du Qasmié, le Liban méridional. Il est constitué par les extrémités de l'anticlinal de Tyr et du synclinal du Ras el Abiad (2).

Le haut pays lui fait suite au delà d'une grande contre-pliure (3) de direction SW-NE qui relève vigoureusement les couches cénomaniennes vers le Sud-Est et qui va, en diminuant d'importance, du Ras el Abiad au village de Teir Zibna. Il est accidenté dans sa partie la plus élevée par de petits anticlinaux et synclinaux de même orientation; la grande contre-pliure, liée à la pliure qui, au Nord du Qasmié, sépare le bas pays de la montagne, s'y prolonge, en outre, très atténuée, jusque vers le village de Meïss ej Jebel. Il se termine à l'Est par un grand escarpement de 500^m et plus, qui domine la plaine du Houlé et qui a été interprété jusqu'ici comme le début de la faille occidentale du fossé palestinien.

Même en l'absence de précisions qui manquent encore, cette manière de voir n'est pas justifiée.

En effet, du village de Métoullé à celui de Hunin, on voit les couches se couder brusquement pour plonger vers la dépression du Houlé, avec un pendage voisin parfois de la verticale. Au Sud de Hunin, la carte géologique de Blake (4) montre que l'Albien et le Cénomanien inférieur qui apparaissaient déjà au Nord sur la charnière de la pliure, continuent à s'y montrer; seul, le fait que cette charnière est située ici dans le bas de l'escarpement a pu créer l'illusion que celui-ci était dû à une faille, les couches situées au-dessus de la charnière y affleurant par leur tranche comme il est normal. Enfin à partir du point où la frontière libano-palestinienne, jusque-là NS, prend une direction EW, les couches descendent régulièrement vers le Sud-Est sans qu'il y ait de pliure.

La Galilée libanaise est donc un pli de fond anticlinal dont le style rappelle celui du Liban septentrional : après une montée rapide des couches, on a, comme c'était le cas pour celui-ci, un sommet subhorizontal (mais plissoté en Galilée) et une plongée très brusque sous l'effet d'une pliure extrêmement

(1) Stratigraphie d'après les cartes de L. Dubertret et de G. S. Blake.

(2) E. de Vaumas, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2086-2088.

(3) Sur la définition des termes *pliure* et *contre-pliure*, voir *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2086, note (4).

(4) *Geological map of Palestine*, 1/250.000.

vigoureuse. Toutes les orientations structurales sont NE-SW, sauf celle de l'axe principal qui est d'abord NS et qui ne s'incurve vers le SW, qu'un peu avant le lac du Houlé.

2. *Relation structurale de la Galilée et du Liban.* — Au NE du massif galiléen, s'étend la région de Merjayoun. C'est une petite plaine formée par un synclinal encadré de deux anticlinaux. Le synclinal n'est autre que l'extrémité du grand synclinal de fond de la Bekaa ([5]) qui se ferme ici définitivement. L'anticlinal oriental qui correspond à la crête où se trouve le village d'el Khiam, se sépare de l'Hermon ([6]) pour aller à Métoullé s'accoler contre la Galilée libanaise. L'anticlinal occidental qui laisse apparaître le jurassique sur son versant Ouest, prolonge exactement au delà du Litani, le pli de fond du Liban et se raccorde près de Métoullé, à celui de Galilée.

Djebel Ansarieh, Liban et Galilée ne sont donc qu'un seul et même pli de fond séparé en trois massifs distincts par les grands ensellements du Nahr el Kebir et du Nahr Qasmié. Le Carmel en est vraisemblablement le point extrême. D'abord NS, il passe au NNE-SSW, puis au NE-SW, comme c'était le cas de l'Amanus et du Casius-Kurd Dagh en Turquie et des plis de Palestine, du Negeb et de la partie septentrionale de la presqu'île du Sinaï, plus au Sud.

3. *La dépression du Houlé.* — On a déjà vu qu'elle était limitée à l'Ouest par la retombée de la voûte galiléenne qui se fait, soit par une très forte pliure rectiligne, soit par une courbure plus régulière. A l'Est les nappes basaltiques du Haouran s'inclinent dans sa direction sans qu'aucun abrupt marquant, fournisse un argument morphologique probant qu'il y existe une faille importante ([7]). On a tout lieu de supposer que cette inclinaison des nappes volcaniques traduit celle des couches sédimentaires sur lesquelles elles reposent.

La dépression du Houlé n'appartient donc que topographiquement au fossé palestinien. Comme la Bekaa, c'est un grand synclinal de fond qu'on voit d'ailleurs se terminer et se fermer au Nord entre l'Hermon et l'anticlinal d'el Khiam ([8]). Il s'accole le long de celui-ci au synclinal du Merjayoun qui, en sens inverse, termine le synclinal de la Bekaa.

4. *La fracture syrienne.* — Cette faille qui se suit au revers du Djebel Ansarieh et du Liban sur près de 350^{km}, cesse brusquement au passage du

---

([5]) E. DE VAUMAS, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 140-142.

([6]) *Ibid.*, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2166-2168.

([7]) Il est à noter que l'on ne peut invoquer non plus aucun argument d'ordre statigraphique en faveur de celle-ci.

([8]) Vers le SW, il est probable que le synclinal du Houlé se poursuit par la basse Galilée, l'Ouest de la plaine d'Esdrelon et la zone de collines nummulitiques, situées entre le Carmel et la Samarie.

Litani près du village de Bourrhoz. Il n'y en a aucune trace dans la région du Merjayoun, ni dans la dépression du Houlé dont l'escarpement occidental s'explique par une pliure.

MÉTÉOROLOGIE. — *Analyse harmonique de la variation diurne de la pression atmosphérique à l'Observatoire de Ksara (Liban).* Note de M. **Jean Chevrier**, présentée par M. Charles Maurain.

Dans un travail récent (¹) j'ai étudié la variation diurne de la pression atmosphérique à l'Observatoire de Ksara d'après 25 années d'observations. L'analyse harmonique de cette variation, donnée ci-dessous, permet des indications complémentaires sur le régime de cette variation.

Analyse harmonique : $P = \mu + \sum_n a_n \sin(n\theta + \varphi_n)$ $(n = 1, 2, 3, 4)$.

Ondes.......	Diurne.			Semi-diurne.			Tiers-diurne.			Quart-diurne.		
	a_1.	φ_1.	t_1.	a_2.	φ_2.	t_2.	a_3.	φ_3.	t_3.	a_4.	φ_4.	t_4.
	mm	° ′	h m	mm	° ′	h m	mm	° ′	h m	mm	° ′	h m
Janvier.....	0,218	43,48	3,05	0,424	175,55	9,08	0,183	19,32	1,34	0,078	265,47	3,02
Février.....	0,170	52,08	2,31	0,423	176,49	9,24	0,111	13,08	1,24	0,026	230,52	3,39
Mars.......	0,234	29,36	4,02	0,458	162,45	9,34	0,054	16,02	1,39	0,035	333,35	1,56
Avril......	0,213	26,25	4,14	0,441	159,37	9,41	0,024	147,02	6,44	0,017	360,00	1,30
Mai........	0,276	13,02	5,08	0,389	160,59	9,38	0,068	170,55	6,12	0,016	309,40	2,10
Juin.......	0,354	21,08	4,35	0,350	163,15	9,33	0,075	173,13	6,09	0,015	320,03	1,59
Juillet.....	0,400	29,49	4,01	0,354	162,02	9,36	0,093	173,09	6,09	0,026	310,31	2,09
Août.......	0,395	29,15	4,03	0,412	167,25	9,25	0,069	160,38	6,24	0,030	293,10	2,27
Septembre..	0,411	27,01	4,12	0,477	171,10	9,17	0,014	119,37	6,26	0,039	290,07	2,30
Octobre....	0,424	26,57	4,12	0,486	174,53	9,10	0,077	26,43	1,44	0,037	267,51	2,52
Novembre..	0,362	33,55	3,44	0,465	178,30	9,03	0,134	31,38	1,26	0,029	341,47	1,38
Décembre..	0,247	43,33	3,06	0,431	178,11	9,04	0,170	18,27	1,35	0,066	256,47	3,13
Max (M)....	0,424 Oct.	52,08 Fév.	5,08 Mai	0,486 Oct.	178,30 Nov.	9,41 Avril	0,183 Janv.	173,13 Juin	6,44 Avril	0,078 Janv.	360,00 Avril	3,39 Fév.
Min (m)....	0,170 Fév.	13,02 Mai	2,31 Fév.	0,350 Juin	159,37 Avril	9,03 Nov.	0,014 Sept.	13,08 Fév.	1,26 Nov.	0,015 Juin	230,52 Fév.	1,30 Avril
Osc. M-m...	0,254	37,06	2,37	0,136	18,53	0,38	0,169	160,05	5,18	0,063	129,08	2,09
Moyenne.	0,309			0,426			0,089			0,034		

$t_n (n = 1, 2, 3, 4)$ = heure du premier maximum de l'onde.

De cette analyse on peut conclure la contribution des quatre premières ondes au régime de la pression. On remarque surtout :

1° la prépondérance de l'amplitude a_2 de l'onde semi-diurne sur celle de l'onde diurne a_1, ainsi que la stabilité de cette onde semi-diurne. Ce n'est

(¹) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 843.

qu'en juin et juillet que a_1 surpasse a_2 et de peu. De plus, tandis que l'oscillation de a_1 (0,424 en octobre, 0,170 en février) représente 87 % de la moyenne annuelle, 0,309, l'oscillation de a_2 (0,486 en octobre, 0,350 en juin) atteint seulement 32 % de la moyenne annuelle, 0,426; de même l'instant du maximum de a_1 se déplace de $2^h 21^m$ en février à $5^h 08^m$ en mai, tandis que celui du premier maximum de a_2 varie peu au cours de l'année : $9^h 41^m$ en avril, $9^h 03^m$ en novembre;

2° le déphasage de l'onde tiers-diurne dont l'instant du premier maximum a lieu vers 6 heures d'avril à septembre et vers $1^h 30^m$ d'octobre à mars.

En résumé l'allure de la variation diurne, en particulier la stabilité du maximum vespéral M″ est conditionnée par celle de l'onde semi-diurne, qui correspond sans doute à une période naturelle de l'atmosphère.

La variation annuelle de l'onde diurne, avec un maximum étalé de juin à octobre et un minimum en janvier et février est celle d'une onde locale apparentée à l'évolution annuelle de la température qui présente un maximum en juillet-août et un minimum en janvier-février.

CYTOPHYSIOLOGIE. — *Action d'une solution concentrée d'urée sur l'amidon* in vitro *et* in situ *dans les cellules végétales*. Note de M. **Philippe Hagène** et Mlle **Marie Goas**, présentée par M. Raoul Combes.

Une solution saturée (c'est-à-dire à peu près molaire) de thiourée ne dissout pas totalement l'amidon à froid, au contraire de ce qu'on a écrit. Sous le microscope, les grains de l'amidon de Pomme de terre, prélevés dans le tubercule, augmentent de taille pour prendre finalement, avec des vitesses très inégales d'ailleurs, l'aspect de sacs membraneux éventrés.

L'action d'une solution décamolaire (c'est-à-dire à peu près saturée) d'urée, qui permet plus facilement l'emploi simultané du réactif de Lugol, est encore suivie plus aisément. Le hile du grain augmente d'abord de diamètre, ou encore, et parfois simultanément, il se forme un petit mombre de fissures qui semblent à peu près perpendiculaires aux stries d'accroissement. Bientôt le grain se creuse d'une cavité qui souvent est excentrique au hile, mais paraît toujours située dans le plan de symétrie. L'imbibition ne s'effectue qu'à partir de ce moment et de cette cavité, car les stries sont nettement visibles dans le reste du grain où l'existence de la biréfringence montre la persistance de la structure submicroscopique. Parfois apparaît dans la région de la cavité une sorte de quadrillage fin déjà signalé durant la lintnérisation, et diversement interprété par les auteurs.

Les progrès de l'imbibition transforment le grain en un sac de grande dimension (fréquemment plus de 250$^\mu$), constitué par une paroi épaisse dont la face interne porte des sortes d'arborisations.

La liqueur de Lugol colore un grand nombre de grains sensiblement en noir, mais elle révèle aussi l'existence autour d'eux d'un corps, en solution ou plus généralement en dispersion aqueuse, et colorable en bleu outremer franc. Si la quantité d'iode est faible, la cavité des grains présente cette même teinte bleu franc, alors que la paroi est presque incolore. De plus, parmi les grains colorés en noir, on trouve d'autres grains réduits à la *paroi* déchirée et repliée : ces grains prennent une coloration lie de vin plus ou moins claire. Sous les aiguilles du micromanipulateur, cette sorte d'enveloppe se comporte comme un objet élastique, reprenant sa forme primitive après étirement, n'adhérant pas à l'aiguille à laquelle la surface externe paraît résister. Interprétée en utilisant les termes habituels, l'action de l'urée consisterait donc en une dissolution de l'*amylose*, alors que l'*amylopectine* qui constituerait, au moins en majeure partie la région externe du grain, ne présenterait qu'une imbibition limitée.

L'urée agit sur les divers constituants de la cellule, mais il ne sera question ici que de l'amidon. Dans les cellules de la base de la feuille d'*Elodea canadensis*, après une vingtaine de minutes de contact, les grains d'amidon colorés en bleu foncé dépassent largement par imbibition la taille des chloroplastes. On peut même voir la rupture de ceux-ci par le grain d'amidon interne qui fait très largement saillie. L'imbibition inégale fait apparaître dans des cellules situées un peu au-dessus des précédentes de très curieux grains en forme d'X à branches arquées. Si le contact avec la solution d'urée est prolongé pendant plusieurs heures, la solution de Lugol colore en bleu outremer le liquide intracellulaire, démontrant ainsi la mise en solution de l'amylose.

Chez *Spirogyra*, quand l'amidon est abondant, l'imbibition provoquée par la solution d'urée transforme le contenu cellulaire en un lacis de minces travées vertes limitant des espaces grisâtres où l'on peut distinguer parfois un nodule central brillant. La solution de Lugol colore ces espaces en bleu plus ou moins foncé, tandis qu'un liquide bleu outremer baigne le tout. Les cellules rompues montrent des masses chiffonnées, colorées en violet vineux, souvent pâles (formées d'amylopectine ?). Quand l'amidon est peu abondant, l'action successive de la solution d'urée et du liquide de Lugol fait apparaître à la place de chaque pyrénoïde une vésicule hyaline renfermant dans sa région centrale des sortes de cordons confusément contournés et colorés en bleu violet, plus pâle et plus rougeâtre hors de la cellule.

Dans l'action de la solution concentrée d'urée (dans l'eau de mer) sur l'amidon floridéen, on retrouve un certain nombre des phénomènes précédemment décrits. Les grains se creusent souvent d'une cavité et la poche formée par imbibition se replie de façon complexe; quelquefois les formes en disques concaves se transforment en lames minces bordées d'un bourrelet épais ; ou encore les masses imbibées peuvent s'enrouler de façon régulière ou présenter des points plus épais, disposés régulièrement. Au cours de l'imbibition peuvent

apparaître des structures complexes comme celle qui a été décrite par Oltmanns dans *Ceramium tenuissimum*. La solution d'urée employée seule fait souvent apparaître dans les cellules à amidon de petits corpuscules chlorophylliens en bâtonnets, en arcs ou en sphérules qui étaient invisibles avant son action.

La solution de Lugol colore les grains imbibés d'une teinte qui varie entre le violet et le rouge vineux. Il semble que celui-ci domine d'autant plus que le contact avec la solution d'urée a été maintenu plus longtemps. On pourrait peut-être penser à la présence d'un corps voisin de l'amylose, existant en quantité variable, et plus ou moins éliminé suivant les espèces. Nous n'avons cependant pas observé jusqu'ici de bleuissement du milieu autour des grains sous l'action de l'eau iodée.

Ainsi, l'urée en solution concentrée permet d'observer les phénomènes qui accompagnent l'imbibition de l'amidon. Elle paraît posséder un certain nombre d'avantages sur les autres agents utilisés pour provoquer ce phénomène, en particulier une action moins brutale sur les autres constituants de la cellule.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence, chez le* Knautia arvensis *Coult., de deux races se distinguant l'une de l'autre par des caractères biologiques.* Note de M. **Paul Jaeger**, présentée par M. René Souèges.

L'observation (1) montre que le *Knautia arvensis* comprend au moins deux races qui, à première vue, se distinguent l'une de l'autre par leurs exigences écologiques et leurs époques de floraison. *La première*, à floraison précoce, affecte les prairies fauchables à *Arrhenatherum elatius* (L.) Mert. et K. Elle épanouit ses capitules dès le début du mois de mai et les individus les premiers fleuris sont régulièrement unisexués femelles. Autour de la mi-juin, à l'époque de la fenaison, ces plantes sont déjà parvenues au terme de leur cycle reproducteur : elles cessent de fleurir et les akènes arrivés à maturité tombent des capitules. *La deuxième*, à floraison tardive, se rencontre en dehors de l'arrhénathéraie (talus, bords des chemins, etc.); elle ne commence à épanouir ses capitules qu'en juin ou même plus tard et les individus de cette race continuent à fleurir jusqu'en fin de saison (octobre-novembre).

En vue de nous assurer du bien-fondé de ces observations nous avons, dès 1947, planté côte à côte, dans des terrains fumés ou non, l'une et l'autre de ces deux races du *Knautia arvensis* (2). Dans les lignes qui vont suivre nous essayons de décrire la façon de se comporter de ces deux lots (une centaine d'individus) au cours des étés 1948 et 1949.

(1) Observations s'échelonnant sur un laps de temps de près de dix ans (1935 à 1939 et 1946 à 1949), effectuées dans la plaine du Rhin et sur diverses collines sous-vosgiennes du Bas-Rhin.

(2) Jardin botanique de la Faculté de Pharmacie de Strasbourg.

Les sujets à floraison précoce épanouissent leurs capitules dès le début de mai et les individus les premiers fleuris sont toujours unisexués femelles. Bientôt (deuxième moitié de mai) la floraison bat son plein, mais, dès le commencement du mois suivant, la fructification est déjà fort avancée. La plupart des akènes mûrissent vers la mi-juin et, à partir de ce moment, on assiste au déclin de l'activité reproductrice des plantes; au début de juillet les capitules se trouvent débarrassés de leurs akènes, les pédoncules et les bractées involucrales sont desséchés, alors que le feuillage garde encore, pour un certain temps, son aspect habituel; mais aucune nouvelle ébauche de boutons floraux ne se remarque plus sur la plante. Cependant, vers la mi-juin, ces pieds qui semblaient parvenus au terme de leur cycle végétatif et reproducteur, rejettent de souche. Il y a formation de rosettes qui ne tardent pas à se développer en tiges fleuries et fructifères (juillet). Mais ces rejets n'atteignent pas les dimensions des appareils précédents et leur activité sexuelle, au lieu de se manifester pendant un laps de temps très court, se poursuit, quoiqu'à une allure ralentie, durant le reste de la saison : en octobre, à un moment de l'année où les pousses printanières sont flétries, ces rejets sont encore susceptibles de fleurir et de fructifier, adoptant ainsi un rythme qui se superpose sensiblement à celui des individus de la race à floraison tardive.

Quand les capitules des individus à floraison précoce sont en plein épanouissement (fin mai), les sujets à floraison tardive ne sont encore qu'à l'état de rosettes sans trace de tiges fleuries. Chez ces derniers, l'épanouissement des fleurs débute timidement (les individus les premiers fleuris sont encore unisexués femelles) les premiers jours de juin; la floraison n'affecte au début que l'un ou l'autre élément du lot, mais successivement, durant le reste du mois, elle s'étend à l'ensemble des pieds et, au début de juillet, tous les sujets sont en plein épanouissement. Floraison et fructification se poursuivent ensuite, au ralenti, tout l'été durant, jusqu'aux premières gelées et, en cela, les individus poussant sur sol non fumé, peu fertile, se sont avérés particulièrement prolifiques.

Bref, en culture, le comportement de ces deux races du *Knautia arvensis* est sensiblement ce qu'il est dans la nature. On ne peut pas ne pas être frappé par ce synchronisme minutieusement réglé qui amène les sujets de la race précoce à fructifier juste avant d'être éliminés par la faux. Tout se passe comme si l'homme, par une sélection inconsciente s'exerçant périodiquement depuis des millénaires, avait réussi à isoler une lignée dont le cycle reproducteur arrive à terme au moment précis de la fenaison. Dans ces formations artificielles que sont les prairies, où certaines espèces, sollicitées par l'homme, semblent vouloir adopter un nouveau genre de vie, nous voyons se produire des phénomènes analogues à ceux que nous constatons dans les régions inter-tropicales soumises à l'action des feux de brousse.

BIOLOGIE QUANTITATIVE. — *Étude de la sexualité des prothalles de* Gymnogramme calomelanos *cultivés* in vitro *sur le milieu de Knop normal.* Note de MM. **Iaroslav Sossountzov** et **Pierre Delaporte**, présentée par M. Émile Borel.

Pour étudier la sexualité des prothalles de *Gymnogramme calomelanos* en culture aseptique sur le milieu de Knop normal glucosé à 2^g %, nous avons utilisé des cultures ayant subi sur ce milieu au moins cinq repiquages consécutifs, avec, comme substrat de culture, des flotteurs à ruban de verre ([1]). A ce stade les cultures sont stabilisées et ne présentent, de repiquage à repiquage, que des variations négligeables ([2]).

Quarante-cinq jours après le repiquage, nous choisissions au hasard, dans l'ensemble des cultures, quelques-unes d'entre elles, pour prélever, sur leur face supérieure, un petit fragment prothallien constitué par des prothalles de dimensions très variables et facilement séparables les uns des autres. Il était possible, ainsi, d'étudier au microscope la sexualité (traduite par le nombre d'organes reproducteurs : anthéridies et archégones) en fonction des dimensions linéaires des prothalles cordiformes (longueur et largeur), ces dernières étant indiquées par un micromètre oculaire étalonné. Ainsi avons-nous calculé, pour chacune des quatre variables précitées, la moyenne arithmétique m, l'écart-type σ et, entre les variables prises deux à deux, le coefficient de corrélation totale r. Ces valeurs figurent dans le tableau I, où X_1 représente le nombre d'anthéridies, X_2 le nombre d'archégones, X_3 la longueur des prothalles, X_4 leur largeur et n le nombre total des prothalles observés. Nous avons aussi calculé les coefficients de corrélation multiple $R_{1,234}$ et $R_{2,134}$. On remarquera que les prothalles portent, en moyenne, plus d'anthéridies que d'archégones et qu'ils sont plus longs que larges. Nous avons observé, par ailleurs, que ces quatre caractères ont une distribution de Gauss à quatre variables.

TABLEAU I.

	m.	σ.	r et R.	
X_1........	$m_1 = 10,39$	$\sigma_1 = 5,12$	$r_{12} = +0,8518$	$r_{24} = +0,7965$
X_2........	$m_2 = 4,17$	$\sigma_2 = 2,67$	$r_{13} = +0,7877$	$r_{34} = +0,5752$
X_3........	$m_3 = 6,13$	$\sigma_3 = 3,90$	$r_{14} = +0,6180$	$R_{1,234} = +0,8875$
X_4........	$m_4 = 4,67$	$\sigma_4 = 1,76$	$r_{23} = +0,7424$	$R_{2,134} = +0,9200$

$n = 747$.

([1]) I. Sossountzov, *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 192.

([2]) I. Sossountzov, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1634.

Il nous a paru intéressant ensuite de préciser les liaisons qui existent entre les variables en cherchant à connaître la part qui revient, dans la détermination d'une des quatre variables, aux trois autres prises isolément ou deux à deux. Nous avons mis à profit, pour cela, la méthode indiquée par S. Wright (³) et modifiée par P. Delaporte (⁴).

Prenant pour variable dépendante X_1, on montre que les coefficients de corrélation satisfont aux trois relations

$$r_{1j} = p_{12} r_{j2} + p_{13} r_{j3} + p_{14} r_{j4} \qquad (j = 2, 3, 4;\ r_{jj} = 1),$$

où p désigne un *coefficient d'influence* (*path coefficient* de S. Wright), c'est-à-dire un coefficient qui mesure, en écart-type de X_1, la variation de X_1 correspondant à une variation d'un écart-type d'une des trois variables indépendantes. On a de même

$$1 = d_{12} + d_{13} + d_{14} + d_{1,\overline{23}} + d_{1,\overline{24}} + d_{1,\overline{34}} + d_{10},$$

où $d_{12} = p_{12}^2$, ... et $d_{1,\overline{23}} = 2 p_{12} p_{13} r_{23}$, ... Les *coefficients de détermination* d_{12}, ..., ou $d_{1,\overline{23}}$, ... représentent chacun la fraction de σ_1^2 attribuable seulement à X_1, ... ou à X_2 et X_3 liés, sans pouvoir être imputée particulièrement à l'une des deux variables. Enfin d_{10} représente la fraction de σ_1^2 que ne peut expliquer la connaissance de X_2, X_3 et X_4. Si toutes les liaisons existent entre les variables, d_{10} est égal à $1 - R_{1,234}^2$.

Le deuxième tableau donne, dans sa moitié gauche, les valeurs de $p \pm \sigma_p$ et celles de d. On y note les valeurs particulièrement fortes de p_{12} et p_{13}. La valeur de $\sigma_{p_{14}}$ montre d'autre part que p_{14} diffère significativement de zéro; on ne peut donc dire que la connaissance de X_4 soit tout à fait inutile pour l'estimation de X_1.

TABLEAU II.

Variable dépendante : X_1.

Variables indépendantes : X_2, X_3, X_4.

$p \pm \sigma_p$.	d.
$p_{12} = +0,7188 \pm 0,0432$	$d_{12} = +0,5166$
$p_{13} = +0,3407 \pm 0,0282$	$d_{13} = +0,1161$
$p_{14} = -0,1505 \pm 0,0285$	$d_{14} = +0,0227$
$d_{1,\overline{23}} = +0,3636$	$d_{1,\overline{24}} = -0,1723$
$d_{1,\overline{34}} = -0,0590$	$d_{10} = +0,2123$

Variables indépendantes : X_2, X_3.

$p_{12} = +0,5948$	$d_{12} = +0,1198$
$p_{13} = +0,3461$	$d_{13} = +0,3539$
$d_{1,\overline{23}} = +0,3057$	$d_{10} = +0,2207$

Variable dépendante : X_2.

Variables indépendantes : X_1, X_3, X_4.

$p \pm \sigma_p$.	d.
$p_{21} = +0,5192 \pm 0,0312$	$d_{21} = +0,2696$
$p_{23} = +0,0893 \pm 0,0240$	$d_{23} = +0,0080$
$p_{24} = +0,4243 \pm 0,0243$	$d_{24} = +0,1800$
$d_{2,\overline{13}} = +0,0731$	$d_{2,\overline{14}} = +0,2723$
$d_{2,\overline{34}} = +0,0436$	$d_{20} = +0,1535$

Variables indépendantes : X_1, X_4.

$p_{21} = +0,5817$	$d_{21} = +0,3388$
$p_{24} = +0,4370$	$d_{24} = +0,1910$
$d_{2,\overline{14}} = +0,3142$	$d_{20} = +0,1559$

(³) *J. Agr. Res.*, 20, 1921, p. 557; *Ann. Math. Statist.*, 5, 1934, p. 161.
(⁴) *Biotypol.*, 6, 1938, p. 160.

Néanmoins, bien que r_{14} soit élevé (+ 0,6180), son importance est faible, puisque, si l'on ne conserve, comme variables indépendantes, que X_2 et X_3, on accroît l'indétermination seulement de 22,07 — 21,23 = 0,84 % de la variance de X_1. Dans la moitié droite du tableau 2, on note les valeurs élevées de p_{21} et p_{24}. Le surcroît d'indétermination obtenu en omettant X_3 n'est que de 0,24 % de σ_1^2.

On voit donc, en conclusion, que la connaissance du nombre d'archégones (X_2) et, à un degré moindre, de celle de la longueur des prothalles (X_3) ont une importance prépondérante dans l'estimation du nombre d'anthéridies (X_1). De même, pour l'estimation du nombre d'archégones (X_2), il faut tenir compte surtout du nombre d'anthéridies (X_1), ainsi que de la largeur des prothalles (X_4).

PHARMACODYNAMIE. — *Action instestinale de la Boldine.*
Note (*) de M. **Jean Delourme**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Si les effets hépatiques de la boldine ont pu être mis en évidence expérimentalement, tant sur l'Homme ([1]) que sur l'Animal ([2]), il n'en est pas de même de son action intestinale. Sur ce point, on sait seulement, et encore cela ne résulte-t-il que des expériences de Butterini ([3]), que la boldine manifeste sur l'intestin isolé une action inhibitrice.

Les expériences que nous avons pratiquées en employant la méthode du ballon sur le Chien anesthésié par le chloralose, nous ont permis de nous assurer que sur l'intestin *in situ*, la boldine révèle une activité inhibitrice qui se manifeste à la fois par une chute du tonus et par une diminution de l'amplitude des contractions intestinales aboutissant à l'arrêt total et prolongé du péristaltisme (*figure*, tracé supérieur).

Cette action inhibitrice relève-t-elle d'une excitation du système nerveux sympathique? A cette question nos essais permettent de répondre négativement. Raymond-Hamet ([4]) ayant découvert que la yohimbine exerce une action sympathicolytique non seulement sur le sympathique moteur, mais encore sur le sympathique inhibiteur, nous avons recherché si la boldine se montre encore intestino-inhibitrice sur le Chien qui a reçu une dose de yohimbine suffisante pour inverser l'action hypertensive et supprimer totalement les effets intestino-

---

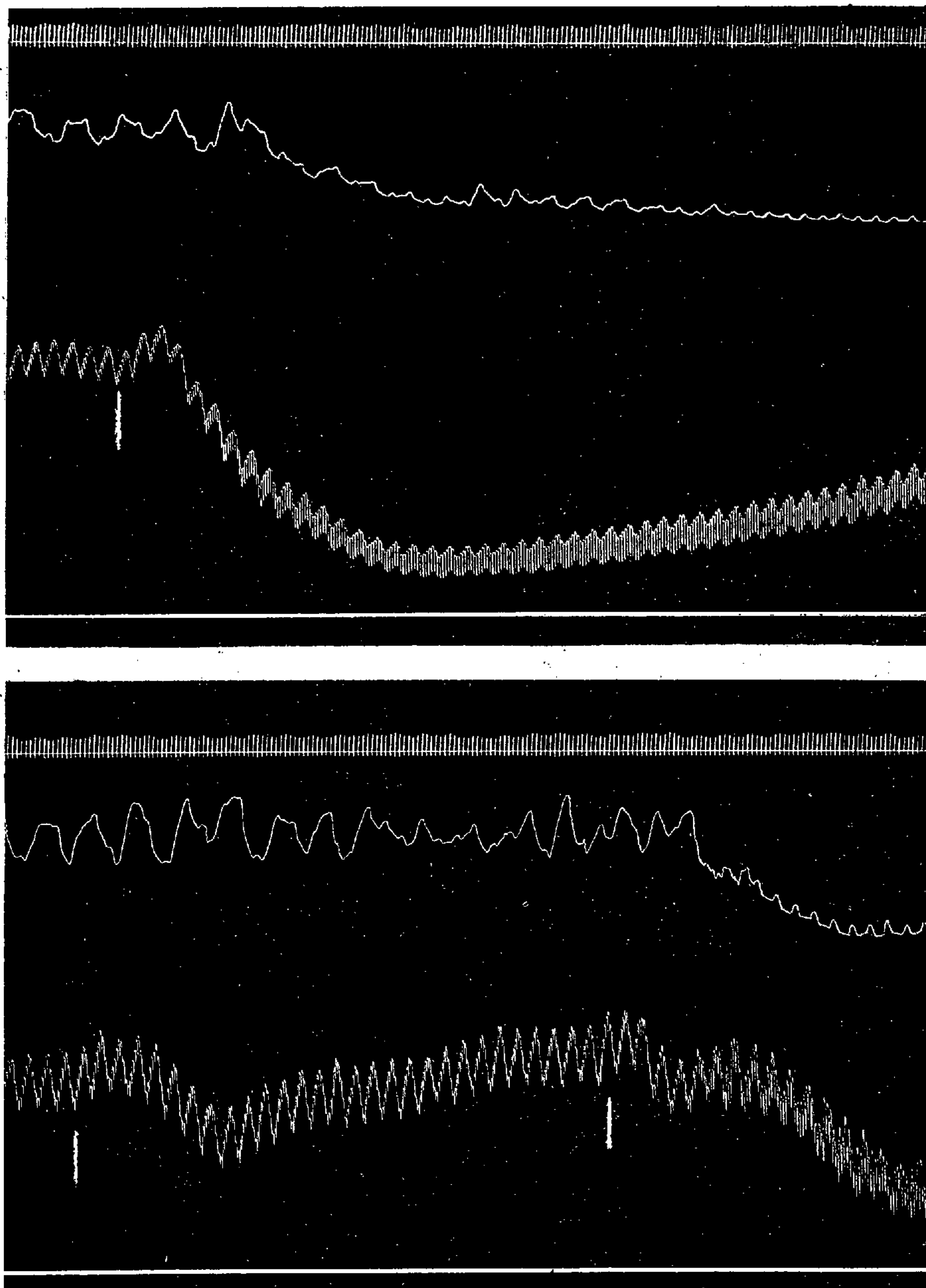
(*) Séance du 17 octobre 1949.

([1]) E. v. Beck-Wildmanstätter, *Wien. med. Wochenschr.*, 1937, p. 1344.

([2]) A. Chistoni, *Arch. internat. de Pharmacodyn.*, 22, 1912, p. 343.

([3]) *Boll. Soc. ital. Biol. sper.*, 15, 1940, p. 614.

([4]) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 610.



Tracé supérieur et tracé inférieur. — Chiens anesthésiés par le chloralose (12^{cg} par kg), bivagotomisés au cou et soumis à la respiration artificielle. — De haut en bas : 1, temps par secondes; 2, entérogramme; 3, tensiogramme; 4, repère de la pression carotidienne, à 2^{cm} de Hg pour le tracé supérieur et à 4^{cm} de Hg pour le tracé inférieur. Tracés réduits de 30 %.

Tracé supérieur. — Chien de 8^{kg}. Au trait vertical, injection dans la saphène de 32^{mg} de boldine.

Tracé inférieur. — Chien de 11^{kg} ayant préalablement reçu dans les veines 22^{mg} de chlorhydrate de yohimbine. On a injecté dans la saphène, au 1er trait vertical, $0^{mg},02$ d'adrénaline; au 2e trait vertical, 44^{mg} de boldine.

inhibiteurs d'une dose moyenne d'adrénaline. Notre tracé inférieur montre très nettement que, dans ces conditions expérimentales, l'adrénaline a bien perdu son action intestino-inhibitrice et que la boldine a conservé la sienne.

On peut donc conclure que la boldine possède une action intestino-inhibitrice ne relevant pas d'une excitation du système nerveux sympathique.

A $15^h 45^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 45^m$.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 17 octobre 1949.)

Note présentée le 3 octobre 1949, de MM. *Georges Delbart* et *Michel Ravery*, Contribution à l'étude de la relation entre la structure micrographique et la résistance au fluage. Influence de la charge :

Page 760, figure 1, *inverser* les lettres M et B à gauche, en face de l'ordonnée 15.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'OCTOBRE 1949 (*suite et fin*).

Colloquium Mathematicum. Vol. I. Fasc. 4 (pages 345-351). *Chronique. VIe Congrès polonais de mathématique.* Varsovie, 1948; 1 feuillet 25cm.

Fundamenta Mathematicæ. Extrait du Tome XXXVI. *Sur un problème de M. Lusin concernant les complémentaires analytiques. Sur les familles croissantes d'ensembles fermés. Sur l'opération* $\lim_{y=+\infty}\Phi(x, y)$. *Sur une propriété des ensembles ordonnés. Sur la décomposition des espaces métriques en ensembles disjoints*, par WACLAW SIERPINSKI. Varsovie, Seminarium Mathematyczna, 1949; 1 fasc. 24cm.

Commentarii Mathematici Helvetici. Vol. XXII. Fasc. 4, 1949. *Sur une décomposition de la droite*, par WACLAW SIERPINSKI; 1 feuillet 23cm.

Les Mycènes de Madagascar (*Mycena, Corrugaria, Pterospora*), par GEORGES MÉTROD; Paris, Au Muséum national d'histoire naturelle, Laboratoire de cryptogamie, 1949. 1 vol. 27cm (présenté par M. R. Heim).

Haut Commissariat de la République française à Madagascar et dépendances. Publication du Service météorologique de Madagascar. N° 11. *L'inversion de l'alizé dans l'Océan Indien Sud-Ouest*, par JEAN EMON. Tananarive, Pitot de La Beaujardière, 1949; 1 vol. 24cm (présenté par M. Ch. Maurain).

Streptomycin its Nature and Practical Application, by SELMAN A. WAKSMAN. Baltimore, The Williams et Wilkins, 1949; 1 vol. 24cm.

Minnesfesten över Berzelius 20-22 *september* 1948. Stockholm, Almquist et Wiksells Boktryckeri Ab.; 1 fasc. 22cm,5.

Neue physik auf grundlage der Klassischen. Neue gesichtspunkte für die Wetterkunde, von F. LEIRI. Helsinki, Vertrieb durch Akateeminen Kirjakauppa, 1944 et 1946; 2 fasc. 25cm.

Bulletin d'études et de recherches techniques. I. 1949. Bucarest, Institut de documentation. Bibliographie et Éditions techniques; 1 vol. 24cm,5.

Educational Leaflet Series. N° 1. New York State Museum; 1 feuillet 28cm.

Union internationale des sciences biologiques. Série B. (Colloques). N° 3. *Sostanze interattive tra uova e spermi e partenogenesi. Interaction entre l'œuf et le sperme et parthénogenèse.* Milano, 1948. Publicazione sussidiata dall' U.N.E.S.C.O. Paris, Secrétariat général de l'U.I.S.B., 1949; 1 vol. 24cm (présenté par M. L. Fage).

Id. — N° 5. *Les bases scientifiques d'une organisation internationale pour la lutte biologique* (*The scientific bases of an international biological control organization*). Stockholm, 1948. Publication ayant bénéficié d'une subvention de l'U.N.E.S.C.O. Paris, Secrétariat général de l'U.I.S.B., 1949; 1 vol. 24cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 NOVEMBRE 1949.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à MM. **HIONG KING LAI**, Recteur de l'Université Nationale de Yunnan, **GIOVANNI LAMPARIELLO**, Professeur de Mécanique à l'Université de Messine, **MANNE SIEGBAHN**, Professeur à l'Université de Stockholm, qui assistent à la séance.

ANALYSE DIMENSIONNELLE. — *Sur les systèmes à quatre grandeurs principales.* Note de M. **ROBERT ESNAULT-PELTERIE.**

J'ai indiqué ([1]) que, lorsqu'on passe du nombre normal ([2]) de trois grandeurs principales (vulgo fondamentales) ([3]) à quatre, la diminution d'une unité dans le nombre des variables de Vaschy se produit par la coalescence de deux d'entre elles en un produit de puissances. Je n'ai pas eu la place d'ajouter que ce produit de puissances dépend du choix de la quatrième grandeur principale, c'est-à-dire de notre fantaisie. Il semble que ceux mêmes qui traitent ces questions en mathématiques pures ne se rendent pas compte de la différence qui existe entre la réduction de Vaschy, propriété imprescriptible de nos êtres mathématiques, et cette réduction arbitraire qui n'est nullement justiciable des mêmes raisonnements. Comme il est visible que la *gravité des conséquences* de cet arbitraire demeure inaperçue, il est indispensable de la faire ressortir par deux exemples :

Premier exemple. — Considérons un électromètre de Lippmann dont le tube capillaire *cylindrique* contient le ménisque séparant deux liquides (habituelle-

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 493-496; *Dimensional Analysis*, n° 34-4, p. 162, Lausanne, 1949.

([2]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 606-609; *L'Analyse dimensionnelle*, n° 14-4,0, p. 71, Paris et Lausanne, 1948; *Dimensional Analysis*, n° 14-3,1, p. 88, Lausanne, 1949.

([3]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 493-496; *Dimensional Analysis*, n° 14, p. 84.

ment mercure et eau acidulée); le diamètre de ce tube sera dénommé d et la tension superficielle dans la surface de séparation α. Il est connu que, si nous appliquons aux liquides une différence de potentiel U, la différence de pression p entre eux varie. Il y a intérêt à prendre comme variable cette différence de pression, car elle englobe l'effet dû à la variation de la tension superficielle et à celle de l'angle de raccordement à la paroi (si elle a lieu).

Comme la surface se polarise en interceptant le courant, il semble désirable *a priori* d'introduire également sa capacité électrique C.

Nous allons premièrement effectuer notre analyse dans le système habituel L, M, T (on remarquera que je n'ai pas dit c. g. s., les questions d'unités n'ayant rien à voir ici). Les dimensions de nos paramètres physiques seront, dans le système EM (je ne dis pas UEM) :

Diamètre du tube capillaire	$d = L$
Différence de pression entre liquides	$p = L^{-1} M T^{-2}$
Tension superficielle	$\alpha = M T^{-2}$
Différence de potentiel	$U = L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}$
Capacité électrique	$C = L^{-1} T^{+2}$

De toute façon, nous n'avons pas à faire participer à nos calculs l'angle de raccordement θ indimensionné; répétons que *l'effet* de sa *variation* sera englobé dans celle de la différence de pression.

Disposant nos paramètres et leurs dimensions comme je l'ai maintes fois indiqué ([4]), nous obtiendrons le tableau suivant :

Paramètres	d	α	C	p	U
L	+1	0	−1	−1	$+\frac{3}{2}$
M	0	+1	0	+1	$+\frac{1}{2}$
T	0	−2	+2	−2	−2
Exposants	x	y	z		

cela nous donne les deux variables de Vaschy

$$\varpi_1 = p\,\frac{d}{\alpha}, \qquad \varpi_2 = \frac{U C^{\frac{1}{2}}}{d\alpha^{\frac{1}{2}}}.$$

La première correspond à la loi de capillarité de Jurin (1718)

$$p = 4\,\frac{\alpha}{d}\cos\theta;$$

([4]) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 755; *L'Analyse Dimensionnelle*, n° **33-1**, p. 129; *Dimensional Analysis*, n° **33**, p. 158.

la seconde introduit les grandeurs électriques. Il y a lieu de remarquer que, si nous avions omis la capacité électrique, l'action de la différence de potentiel ne se serait pas manifestée, ce qui eût été contraire à l'observation.

Supposons maintenant que nous voulions introduire comme fondamentale une quatrième grandeur, la quantité d'électricité Q par exemple; cela ne peut se faire qu'en multipliant les dimensions en L, M, T par le facteur indimensionné

$$F^n = \left(QL^{-\frac{1}{2}}M^{-\frac{1}{2}}\right)^n,$$

où l'exposant n est arbitraire.

Nous pouvons naturellement le choisir de telle manière qu'il y ait substitution pure et simple, de Q à M par exemple, et nous savons que, dans le système L, T, Q, ainsi obtenu, les variables de Vaschy seront celles mêmes que nous avons trouvées dans le système L, M, T ([5]), mais ce n'est pas ce qui nous intéresse, puisque nous voulons avoir quatre principales. Adoptons ici pour n les valeurs qui, suivant une proposition à laquelle tout le monde semble s'être rallié, donnent le tableau

Paramètres	d	α	p	C	U
L	+1	0	−1	−2	+2
M	0	+1	+1	−1	+1
T	0	−2	−2	+2	−2
Q	0	0	0	+2	−1
Exposants	w	x	y	z	

Cela nous fournit *l'unique* variable de Vaschy

$$\varpi' = \frac{p\,UC^{\frac{1}{2}}}{\alpha^{\frac{3}{2}}} = \varpi_1\varpi_2;$$

autrement dit, la loi de l'électromètre de Lippmann *ne pourrait être exprimée que par*

$$\varpi' = \text{const.},$$

expression où le diamètre d du tube capillaire ne figure pas; nous savons que c'est inacceptable.

Deuxième exemple. — Considérons les constantes d'un circuit électrique : sa résistance R, sa self-induction $\mathcal{L}$, sa capacité C et le temps t; elles nous

---

([5]) *L'Analyse dimensionnelle*, n° 34, p. 130; *Dimensional Analysis*, n° 34, p. 161 (présentation améliorée).

donneront, en L, M, T, le tableau suivant :

Paramètres	t	$\mathcal{L}$	R	C
L	0	+1	+1	−1
T	+1	0	−1	+2
Exposants	x	y		

conduisant aux deux variables de Vaschy

$$\varpi_1 = \frac{R}{\mathcal{L}} t, \qquad \varpi_2 = \frac{\mathcal{L}C}{t^2}.$$

Les électriciens y retrouveront, en ϖ_1 leur exposant du terme amortissement, dans ϖ_2 le carré de la constante de temps du circuit, tous deux paramètres indimensionnés de leurs formules usuelles.

Adoptons maintenant pour n des valeurs telles que nous ayons, comme on le propose, les dimensions figurant au tableau suivant :

Paramètres	t	R	$\mathcal{L}$	C
L	0	+2	+2	−2
M	0	+1	+1	−1
T	+1	−1	0	+2
Q	0	−2	−2	+2
Exposants	w	x	y	z

il y a maintenant quatre grandeurs principales pour quatre paramètres, c'est-à-dire qu'il n'y a plus de variables de Vaschy, autrement dit, plus de phénomène du tout, *mathématiquement parlant*.

Est-ce à dire que la réduction de Vaschy, exprimée par mon procédé de calcul des ϖ, devienne mathématiquement incorrecte pour quatre grandeurs principales ? Certainement non ; ce qui est incorrect *physiquement*, c'est l'introduction d'une quatrième principale.

BOTANIQUE. — *La position systématique de* Ginkgo biloba. Note (*) de M. Louis Emberger.

La position de *G. biloba* a été beaucoup discutée. Cet arbre est rangé dans les Gymnospermes ; ses caractères le font considérer comme un type systématique complètement isolé. Seules les Cycadales en sont rapprochées en raison de leurs gamètes ♂ ciliés.

Cette manière de voir s'explique, si l'on n'envisage que le monde végétal

(*) Séance du 7 novembre 1949.

vivant. Par contre, les affinités du *Ginkgo* sont très claires quand on les cherche chez les végétaux fossiles.

Tout d'abord, le *Ginkgo* est une Préphanérogame.

Nous avons été conduit ([1]) à distinguer l'*embranchement* des Préphanérogames pour les Ptéridospermées et les Cordaites, jadis incluses dans les Gymnospermes. Plus tard, à la suite des travaux de M. Chadefaud ([2]), M. Favre-Duchartre ([3]), G. Mangenot ([4]), nous y avons ajouté les Cycadales et les Ginkgoales.

Le caractère principal des Préphanérogames est l'absence d'une graine ([5]). A ce trait s'en ajoutent d'autres : les gamètes ♂ ciliés, la fréquence du métaxylème centripède, la grande taille des ovules, le tégument tripartite, la puissante membrane de la mégaspore, la présence d'une chambre pollinique, le prothalle encore vert (*Ginkgo*), le développement particulier de la feuille (*Ginkgo*), etc. Ils font de ces végétaux un groupe nettement distinct des Phanérogames et des Cryptogames vasculaires.

Les récentes découvertes paléontologiques permettent de *préciser* les affinités du *Ginkgo*.

La plante la plus suggestive est une Cordaite Westphalienne, *Cordaianthus pseudofluitans* Kidst., étudiée par R. Florin ([6]).

Chaque *épillet* (*fig.* 1) est axillaire et formé d'un axe court, mais très net, portant, à la base, des petites feuilles, auxquelles succèdent, vers le sommet, des feuilles ovulifères bifides, homologues des feuilles basales. Généralement les porte-ovules sont profondément bifides (*fig.* 3), mais il arrive qu'ils le soient peu; ils sont alors identiques à ceux de *Ginkgo* (*fig.* 2, 5).

Chez *Ginkgo*, les feuilles des rameaux fertiles axillent les porte-ovules biovulés bien connus (*fig.* 5, 6). Or, R. Nozeran a montré que ce porte-ovule est une feuille insérée sur un axe réduit à zéro ([7]). Cet axe est, dans certains cas, parfaitement développé, et R. Nozeran a même trouvé des cas où il portait, comme chez *C. pseudofluitans*, des petites feuilles stériles et des porte-ovules (*fig.* 4). L'homologie est parfaite. L'organisation ♀ *habituelle* du *Ginkgo* est simplement plus contractée que celle de *C. pseudofluitans*, comme les *Cordaianthus* stéphaniens sont, à cet égard, plus réduits que les types

---

([1]) *Bull. Soc. bot. Fr.*, 1942 et *Les plantes fossiles dans leurs rapports avec les végétaux vivants*, Paris, 1944.

([2]) *Revue Scientifique*, 1944.

([3]) *Bull. Soc. bot. Fr.*, 1943, p. 111.

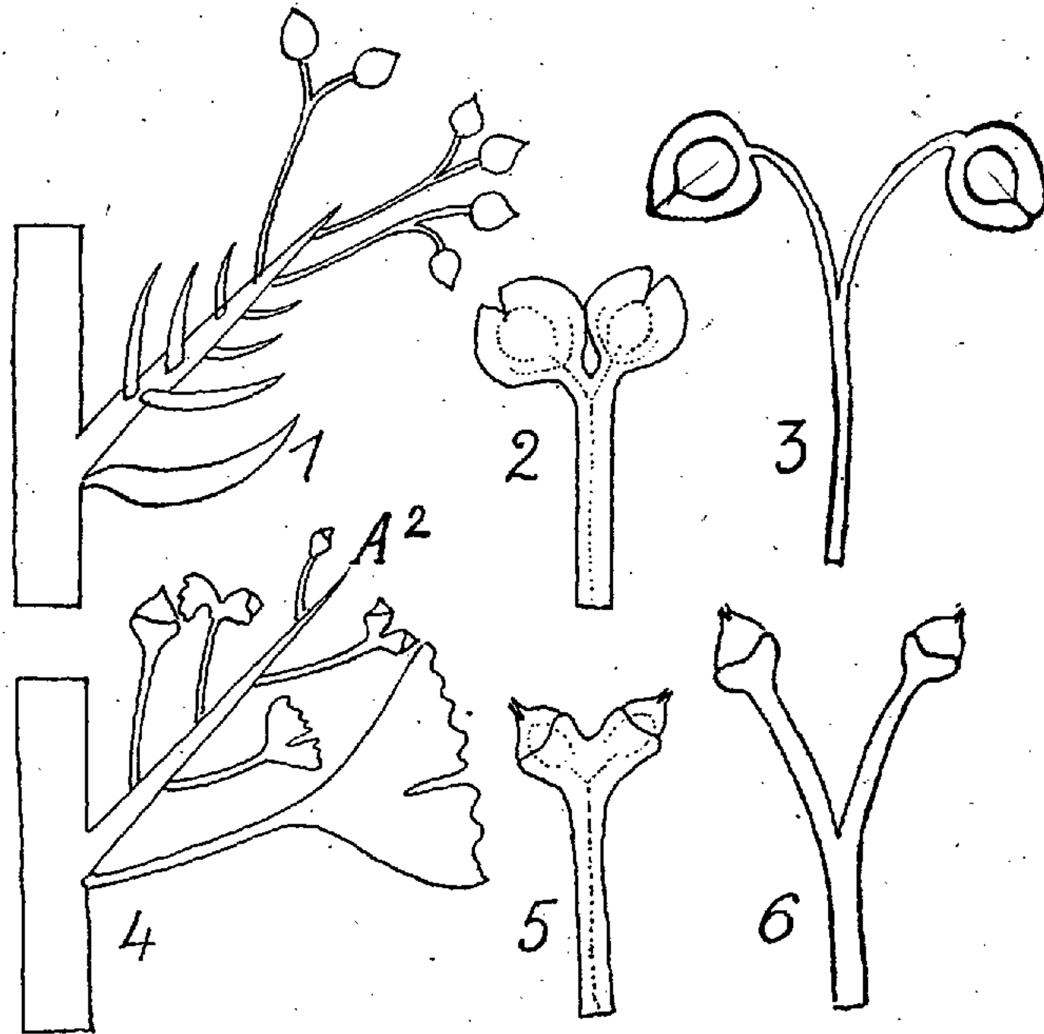
([4]) *Revue Scientifique*, 1945.

([5]) Pour la notation de *graine*, *voir* les travaux indiqués ci-dessus, ainsi que P. MARTENS, *Bull. Ac. R. de Belgique, Classe des Sciences*, 1947.

([6]) *Bot. Not.*, 1939, p. 547-565; *Palæontographica*, fasc. 7, 1944.

([7]) Il y a de nombreuses modalités. *Voir* à ce sujet R. NOZERAN, *Rec. des Tr. de l'Inst. bot. de Montpellier*, fasc. 4, 1949, (à l'impression).

westphaliens. L'homologie n'est pas moindre dans les appareils ♂, comme des cas tératologiques ont permis de le constater : l'épi staminifère de *Ginkgo* est



1, schéma d'un « épillet » ♀ de *Cordaianthus pseudofluitans*; 2, une feuille porte-ovules de *Cordaianthus* contractée; 3, une feuille porte-ovule courante (gd. nat.); 4, schéma de l'organisation *originelle* de l'appareil ♀ de *Ginkgo* (cas observé). A² : axe secondaire; 5, un porte-ovule *habituel* de *Ginkgo*, tel qu'il est à l'aisselle des feuilles; 6, un porte-ovule moins fréquent (1-3, inspiré de Florin; 4, inspiré de R. Nozeran).

homologue d'un *épillet* ♂ de *Cordaianthus* dont toutes les feuilles seraient fertiles.

A ces caractères d'identité, il faut ajouter les autres traits communs aux *Ginkgo* et Cordaites : gamètes ♂ ciliés, structure et origine du tégument, nucelle libre, chambre pollinique, grande taille de l'ovule, endarchie des axes, stomates haplochéiles, présence d'un appareil sécréteur, métaxylème centripète dans les feuilles, forme des feuilles, nervation, etc.

Les différences entre le *Ginkgo* et les Cordaites sont secondaires (moelle et ornementation des trachéides réduites, bois primaire peu développé, microsporanges à endothécium, forme des étamines et tégument non vascularisé du *Ginkgo*). Il n'est pas douteux qu'elles seraient encore atténuées, si nous pouvions étudier convenablement les Ginkgoales éteintes et plus anciennes que le *Ginkgo* actuel.

La conclusion sera que la classe des Cordaites ([8]) se décompose systématiquement en deux ordres :

([8]) L'autre classe de l'*embranchement* des Préphanérogames est celle des Ptéridospermées, avec les deux ordres, Ptéridospermales et les Cycadales.

1° Cordaitales : plusieurs familles : *Cordaitacées, Mesoxylacées, Pityacées,* etc. ;

2° Ginkgoales : une famille : Ginkgoacées.

Ginkgo biloba est le dernier représentant vivant des Cordaites.

M. **Armand de Gramont** fait hommage d'un Ouvrage de M. Pierre Pizon intitulé : *Photomacrographie et Photomicrographie*, dont il a écrit la *Préface*.

COMMISSIONS.

Par la majorité des suffrages, MM. **Jacques Hadamard, Émile Borel**, pour la Division des Sciences mathématiques, **Maurice Caullery, Robert Courrier**, pour la Division des Sciences physiques, **Maurice de Broglie, Justin Jolly**, pour la Section des Académiciens libres, sont élus Membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président, dressera une liste de candidats à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par le décès de M. *Gustave Roussy*.

DÉSIGNATIONS.

M. **Louis Blaringhem** est désigné pour représenter l'Académie au VII[e] Congrès international de Botanique, qui aura lieu à Stockholm, du 12 au 20 juillet 1950.

CORRESPONDANCE.

M. **Maurice Garnier** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Mécanique, par le décès de M. *Jules Drach*.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Une forme du théorème de Gödel sous des hypothèses minimales.* Note de M. **László Kalmár**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Dans sa Note *Structures logiques* (1), M. André Chauvin a formulé avec précision les hypothèses sous lesquelles la démonstration donnée par M. Gödel pour son célèbre théorème (2) est valable pour des structures logiques générales. Le but de la présente Note est de montrer qu'en faisant usage de

---

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1085-1087.

(2) *Monatshefte für Math. und Phys.*, **38**, 1931, p. 173-198, Staz VI, p. 187. *Voir* aussi Hilbert et Bernays, *Grundlagen der Mathematik*, Berlin, 2, 1939, p. 269-275.

quelques idées de la démonstration du théorème de Gödel donnée par l'auteur ([3]), on peut obtenir une forme encore plus générale de ce théorème.

1. Nous appelons une triade ordonnée $\Theta = (P, D, \varkappa)$ une théorie ([4]), si P et D sont des ensembles et $\varkappa$ est une application des éléments de D dans P. Les éléments de P sont appelés *propositions*, ceux de D *démonstrations*. Une proposition p sera dite la *conclusion* d'une démonstration d et d une *démonstration de p* lorsque $p = \varkappa(d)$. Une proposition qui est la conclusion d'une démonstration est appellée un *théorème*.

Une théorie Θ sera dite une *théorie avec inégalités identiques*, si l'on a donné un ensemble F ainsi qu'une correspondance biunivoque entre l'ensemble des paires ordonnées formées d'un élément de F et d'un entier non négatif d'une part et une partie P′ des propositions de Θ d'autre part. Les éléments de F sont dites (expressions) *fonctionnelles*, ceux de P′ *inégalités identiques*; l'inégalité identique correspondant à la paire (f, l) sera écrite $f \not\equiv l$ (lire : f diffère identiquement de l).

2. Une théorie Θ avec inégalités identiques sera dite *interprétée* si l'on a donné une correspondance univoque (mais pas nécessairement biunivoque) entre les fonctionnelles ([5]) et une classe Φ des fonctions arithmétiques d'une variable. Les éléments de Φ sont dits *fonctions représentables* dans Θ; une fonctionnelle f correspondant à la fonction représentable φ est dite une *représentation* de φ et φ *l'interprétation* de f dans Θ. Un entier non négatif k est dit un *exemple réfutant* une inégalité identique $f \not\equiv l$ si l'on a $\varphi(k) = l$ pour l'interprétation φ de f. Une inégalité identique sera dite *fausse* ou *vraie* selon qu'il y a un exemple la réfutant ou non. Une théorie interprétée Θ avec inégalités identiques sera dite *incorrecte* si une des inégalités identiques fausses est un théorème de Θ; elle sera dite *incomplète* s'il y a une inégalité identique vraie qui n'est pas un théorème de Θ.

3. On dit qu'une théorie avec inégalités identiques est *dénombrable* si l'ensemble de ses fonctionnelles, ainsi que celui de ses démonstrations sont au plus infinis dénombrables. Soient données, pour une théorie dénombrable Θ avec inégalités identiques, d'une part une correspondance biunivoque ψ entre les démonstrations de Θ et une partie des entiers positifs (bien entendu, o exclu), d'autre part une correspondance biunivoque χ entre les démonstrations de Θ et une partie des entiers positifs; l'entier correspondant à une fonctionnelle ou à une démonstration est dit son *numéro*. Une inégalité iden-

---

([3]) *Mat. ès fiz. lapok* (Budapest), 50, 1943, p. 1-23 ; *Methodos* (à paraître).

([4]) Qu'il me soit permis de faire usage de ce terme et de quelques autres très commodes dans un autre sens que celui pour lequel M. Chauvin les a introduits.

([5]) On pourrait supposer qu'on n'a donné une correspondance univoque que pour une partie F′ des fonctionnelles et une classe des fonctions arithmétiques d'une variable; mais cela revenait au même qu'à ne regarder comme fonctionnelles que les éléments de F′.

tique $f \not\equiv l$ pour laquelle l est le numéro de f, est dite une *proposition diagonale;* l'entier positif l est dit *l'indice* de cette proposition, ainsi que de ses démonstrations si elles existent. La fonction arithmétique

$$\gamma(k) = \begin{cases} \text{l'indice de la démonstration ayant le numéro } k \\ \quad \text{si elle existe et si elle est diagonale;} \\ \text{o si elle n'existe pas ou si elle n'est pas diagonale} \end{cases}$$

est appelée la *fonction d'indice* de Θ [appartenant aux correspondances ψ et χ [6]]. Une théorie interprétée dénombrable Θ avec inégalités identiques est dite une *théorie Gödelienne* lorsque, pour des correspondances convenables ψ et χ, sa fonction d'indice est représentable dans Θ. (Quant aux théories considérées par Gödel, toutes les fonctions arithmétiques récurrentes y sont représentables; d'autre part, pour des correspondances convenables ψ et χ, leurs fonctions d'indice sont récurrentes; donc ces théories sont Gödeliennes.) On a alors le

THÉORÈME DE GÖDEL. — *Une théorie Gödelienne est ou bien incorrecte ou bien incomplète.*

En effet, soit g la représentation de la fonction d'indice γ d'une théorie Gödelienne Θ et soit l le numéro de g. Si la proposition diagonale $g \not\equiv l$ de l'indice l est un théorème de Θ, soit d une de ses démonstrations et soit k le numéro de d. On a alors $\gamma(k) = l$ par la définition de γ, c'est-à-dire, l'entier k est un exemple réfutant l'inégalité identique $g \not\equiv l$ et Θ est incorrecte. Si $g \not\equiv l$ n'est pas un théorème de Θ, il n'y a aucun exemple réfutant l'inégalité identique $g \not\equiv l$, donc Θ est incomplète. En effet, si l'on avait $\gamma(k) = l$, la démonstration d ayant le numéro k existerait et serait une démonstration diagonale (parce que $l \neq$ o, le numéro d'une fonctionnelle étant toujours un entier *positif*) et elle aurait l'indice l; par conséquent, sa conclusion serait la proposition diagonale de l'indice l, c'est-à-dire l'inégalité identiqne $g \not\equiv l$, contrairement à l'hypothèse faite.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur un algorithme voisin de celui de Jacobi.*
Note (*) de M. **Marcel David**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Depuis 1770, avec Lagrange, la théorie des fractions continues permet de caractériser les nombres algébriques réels du second degré (développements périodiques). Elle fournit en même temps l'unité fondamentale de tout corps

---

(6) On pourrait arriver à une généralisation du théorème de Gödel en faisant usage du fait que la fonction d'indice de Θ dépend des correspondances ψ et χ d'une façon analogue à celle utilisée par M. Chauvin dans une Note précédente, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1179-1180.

(*) Séance du 7 novembre 1949.

quadratique, que l'on met en évidence en utilisant la représentation géométrique de Klein ([1]).

Jacobi ([2]), pour généraliser au troisième degré, a introduit le développement

$$\alpha = a_0 + \frac{\beta_1}{\alpha_1}, \qquad \alpha_n = a_n + \frac{\beta_{n+1}}{\alpha_{n+1}},$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots, \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots,$$
$$\beta = b_0 + \frac{1}{\alpha_1}, \qquad \beta_n = b_n + \frac{1}{\alpha_{n+1}},$$

(a_n et b_n parties entières de α_n et β_n).

La période des a_n et b_n, pour $n \geqq n_0$, entraîne α et β irrationnels indépendants d'un même corps cubique. Une représentation géométrique fournit alors une unité, supérieure à 1, de ce corps, caractéristique de la période. On n'a pu, jusqu'à présent, infirmer ni confirmer la réciproque de cette propriété dont on conçoit l'intérêt en vue de la recherche des unités d'un corps cubique.

Voici une méthode permettant, pour un développement très voisin de celui de Jacobi, d'infirmer la réciproque dans tous les corps cubiques à conjugués réels. Considérons

$$\alpha = \bar{a}_0 - \frac{\beta_1}{\alpha_1}, \qquad \alpha_n = \bar{a}_n - \frac{\beta_{n+1}}{\alpha_{n+1}},$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots, \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots,$$
$$\beta = b_0 + \frac{1}{\alpha_1}, \qquad \beta_n = b_n + \frac{1}{\alpha_{n+1}},$$

($\bar{a}_n$ étant la valeur entière par excès de α_n).

La période des $\bar{a}_n$ et b_n, pour $n \geqq n_0$, entraîne bien α et β irrationnels indépendants d'un corps cubique.

Une suite de points W_n, à coordonnées rectangulaires entières, liés par

$$\overrightarrow{OW_n} = -\overrightarrow{OW_{n-3}} - b_n \overrightarrow{OW_{n-2}} + \bar{a}_n \overrightarrow{OW_{n-1}}$$

permet de définir, sur la direction $(\overrightarrow{\alpha, \beta, 1})$, les vecteurs

$$\overrightarrow{OW_n^*} = -\overrightarrow{OW_{n-3}} - \beta_n \overrightarrow{OW_{n-2}} + \alpha_n \overrightarrow{OW_{n-1}}$$

et pour une période de k termes, on établit que

$$\frac{\overrightarrow{OW_{n+k}^*}}{\overrightarrow{OW_n^*}} = \alpha_{n+1}\alpha_{n+2}\ldots\alpha_{n+k} = \rho,$$

indépendant de $n \geqq n_0$, est une unité du corps cubique de α et β, caractérisant la période. On a $\rho > 1$ et $\rho\rho'\rho'' = (-1)^k$.

([1]) *Nouv. Ann. Math.*, 15, 1896, p. 327-331.
([2]) *J. Reine Ang. Math.*, 69, 1868, p. 29-64.

Supposons désormais un corps à conjugués réels; soient (D), (D') et (D'') les directions formant trièdre supplémentaire avec $\overrightarrow{(\alpha, \beta, 1)}$ et ses deux conjugués.

Si l'on pose $\overrightarrow{OW}_n \wedge \overrightarrow{OW}_{n+1} = -\overrightarrow{OP}_{n+3}$, on établit que l'affinité, relative à (D)(D')(D''), de multiplicateurs respectifs $(-1)^k/\rho$, $(-1)^k/\rho'$, $(-1)^k/\rho''$, fait passer de P_n à P_{n+k}.

L'algorithme des P_n avance donc, sur lui-même, d'une période, pour $n \geqq n_0$. On montre alors, utilisant $\rho > 1$ et $|\rho'| \neq |\rho''|$ [Minkowski (3)], qu'en opérant m fois cette affinité, on obtient P_{n+mk} qui, en direction, tendra pour $m \to \infty$, vers la droite portant (D') ou (D'') suivant $|\rho'| < |\rho''|$ ou $|\rho'| > \rho''|$.

Les trièdres $OP_nP_{n+1}P_{n+2}$ étant intérieurs les uns aux autres, avec

$$\overrightarrow{OP}_0(1, 0, 0), \quad \overrightarrow{OP}_1(0, 0, 1) \quad \text{et} \quad \overrightarrow{OP}_2 - b_0\overrightarrow{OP}_1(0, 1, 0)$$

il suffira de choisir α et β irrationnels cubiques indépendants tels que (D') et (D'') soient extérieurs à ce trièdre pour qu'il ne puisse y avoir périodicité. Ceci fournit les deux inégalités simultanées

$$(\alpha - \alpha'')(\beta - \beta'') > 0, \qquad (\alpha - \alpha')(\beta - \beta') > 0,$$

qui permettent, dans tout corps cubique à conjugués réels, d'associer, à tout élément α, des éléments β indépendants de α tels que α, β ne puisse fournir une période dans le développement envisagé.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur la théorie des caractères. I. Définition et classification des caractères.* Note (*) de M. **Roger Godement**, présentée par M. Élie Cartan.

1. On appelle *double représentation unitaire* (d. r. u.) d'un groupe localement compact G, l'objet $\{\mathcal{H}, U_x, V_x, S\}$ constitué par un espace de Hilbert $\mathcal{H}$, une involution S dans $\mathcal{H}$, et deux représentations unitaires $x \to U_x$ et $x \to V_x$ de G dans $\mathcal{H}$ telles que

$$U_xV_y = V_yU_x. \qquad V_x = SU_xS.$$

On dit qu'une d. r. u. est irréductible si tout opérateur permutant aux U_x et aux V_x est un scalaire.

2. On suppose maintenant G unimodulaire, et l'on désigne par **L** l'algèbre des fonctions continues et à support compact définies sur G. On appelle *trace* sur G toute mesure de Radon complexe μ vérifiant

$$\mu(\tilde{f} \star f) \geqq 0, \qquad \mu(f \star g) = \mu(g \star f),$$

(3) *Acta Math.*, 26, 1902, p. 333-351.

(*) Séance du 7 novembre 1949.

quels que soient $f, g \in \mathbf{L}$; exemple : $\mu = \varepsilon$, masse $+1$ en e, donnée par

$$\varepsilon(f) = f(e).$$

Soit μ une trace sur G; les $f \in \mathbf{L}$ vérifiant $\mu(\tilde{f} \star f) = 0$ forment un idéal bilatère n de $\mathbf{L}$, invariant par l'involution $\tilde{}$ et par les translations bilatères de G; si l'on introduit l'application canonique $f \to \mathbf{f}$ de $\mathbf{L}$ sur $\mathbf{L}/n$, l'expression $\langle \mathbf{f}, \mathbf{g} \rangle = \mu(f \star \tilde{g})$ est un produit scalaire sur $\mathbf{L}/n$; d'où par complétion un espace de Hilbert $\mathcal{H}$; par passage au quotient et prolongement à $\mathcal{H}$, les translations à gauche (resp. à droite) conduisent à une représentation unitaire $x \to U_x$ (resp. $x \to V_x$) de G dans $\mathcal{H}$, et l'involution $\tilde{}$ à une involution S dans $\mathcal{H}$: on obtient ainsi la d. r. u. $\{\mathcal{H}, U_x, V_x, S\}$ définie par μ. La propriété fondamentale de cette classe particulière de d. r. u. est la suivante :

THÉORÈME 1. — *Soient* $\{\mathcal{H}, U_x, V_x, S\}$ *la d. r. u. définie par une trace* μ, $\mathbf{R}^s$ *et* $\mathbf{R}^d$ *les anneaux d'opérateurs engendrés respectivement par les* U_x *et les* V_x; *alors* $\mathbf{R}^s$ *est l'ensemble de tous les opérateurs qui permutent aux* V_x *et vice versa; en particulier, les opérateurs qui permutent à la fois aux* U_x *et aux* V_x *forment l'anneau commutatif* $\mathbf{R}^s \cap \mathbf{R}^d$.

La démonstration de ce théorème utilise essentiellement la notion d'élément *borné* dans $\mathcal{H}$; un $\mathbf{x} \in \mathcal{H}$ est dit borné si, en introduisant les opérateurs

$$U_f = \int U_x f(x)\, dx, \qquad V_f = \int V_x f(x^{-1})\, dx \qquad (f \in \mathbf{L}),$$

il existe dans $\mathcal{H}$ un opérateur continu $U_\mathbf{x}$ tel que l'on ait $U_\mathbf{x}\mathbf{f} = V_f\mathbf{x}$ pour toute $f \in \mathbf{L}$; condition équivalente : il existe un $V_\mathbf{x}$ continu tel que $V_\mathbf{x}\mathbf{f} = U_f\mathbf{x}$ pour toute $f \in \mathbf{L}$. On a alors $U_\mathbf{x} \in \mathbf{R}^s$, et ces $U_\mathbf{x}$ forment dans $\mathbf{R}^s$ un *idéal bilatère non nul.*

3. On appelle *caractère de* G toute trace qui définit une d. r. u. *irréductible* de G. Les anneaux $\mathbf{R}^s$ et $\mathbf{R}^d$ du théorème 1 sont alors des *facteurs* au sens de F.-J. Murray et J. von Neumann, et réciproquement. Si G est séparable, on peut donc leur appliquer la classification obtenue par ces auteurs à l'aide de la *dimension relative*; noter que $\mathbf{R}^d$ est dans la même classe que $\mathbf{R}^s$. On obtient donc une classification des caractères d'un groupe unimodulaire séparable, laquelle conduit aux résultats suivants :

1° le cas (III_∞) ne se présente jamais; tous les autres [1] se présentent;

2° pour qu'un caractère μ soit de classe finie (I_n) ou (II_1), il faut et il suffit qu'il existe sur G une fonction *continue* χ telle que $\mu(f) = \int f(x)\chi(x)\, dx$

---

[1] L'existence de caractères de classe (II_∞) a été indiquée à l'auteur par G. W. Mackey; si λ est un caractère de classe (I_∞) d'un groupe G, et si μ est un caractère de classe (II_1) d'un groupe H, alors la mesure produit $d\lambda(x)\, d\mu(y)$ est un caractère de classe (II_∞) du groupe produit $G \times H$.

pour toute $f \in \mathbf{L}$; ces caractères peuvent être définis par une propriété *extrémale*, et possèdent une équation fonctionnelle simple;

3° Pour qu'une trace μ soit un caractère de classe (I_∞), il faut et il suffit qu'il existe une représentation unitaire irréductible $\{\mathcal{F}, T_x\}$ de dimension infinie telle que : *a*. les opérateurs

$$T_f = \int T_x f(x)\, dx \qquad (f \in \mathbf{L})$$

soient du type d'Hilbert-Schmidt; *b*. on ait $\mu(f \star \tilde{g}) = \mathrm{Tr}(T_f T_g^\star)$ pour $f, g \in \mathbf{L}$ (évidemment, à un facteur constant près). Dans ce cas, la représentation $\{\mathcal{F}, T_x\}$ est *unique*.

Le cas (I_∞) se présente donc sur le groupe de Lorentz; dans ce groupe, les caractères obtenus par I. M. Gelfand et M. A. Neumark sont de la forme $\chi(x)\,dx$ où la fonction χ est sommable sur tout compact pour la mesure de Haar dx; nous montrerons dans une Note ultérieure qu'il existe des exemples de caractères de classe (I_∞) qu'on ne peut pas mettre sous cette forme; en d'autres termes, qu'il est en général indispensable de considérer les caractères comme étant (au moins) des *mesures*, et non pas seulement des fonctions.

Un exposé détaillé des résultats de cette Note et des deux autres qui la suivront paraîtra en 1950 au *Journal de Mathématiques pures et appliquées*.

TOPOLOGIE. — *Quelques propriétés globales des trajectoires de la dynamique dues à l'existence de l'invariant intégral de M. Élie Cartan*. Note (*) de M. **Georges Reeb**, présentée par M. Élie Cartan.

Soit V_{2n} une variété à $2n$ dimensions, et soit E_1 un champ de vecteurs défini sur V_{2n}. Nous faisons les hypothèses suivantes sur E_1 :

Hypothèses. — 1. *Le système différentiel*

$$(1) \qquad dx = E_1(x)\, dt \qquad (\text{où } x \in V_{2n} \text{ et où } t \in R \text{ est un paramètre réel})$$

admet l'invariant intégral relatif $\omega = \pi + H\, dt$, *où* π *est une forme de Pfaff sur* V_{2n} *et* H *une fonction numérique sur* V_{2n}.

2. *La forme* π *est de classe maximum; c'est-à-dire que la* $n^{\text{ième}}$ *puissance extérieure* $(d\pi)^n$ *de la différentielle extérieure* $d\pi$ *de* π *est non nulle en tout point de* V_{2n}.

3. *La différentielle* dH *de* H *est non nulle en tout point de la variété* W_{2n-1} *d'équation* $H(x) = H_0$ (*où* H_0 *est une constante donnée*).

4. W_{2n-1} *est compacte*.

Ces hypothèses sont évidemment vérifiées par de nombreux systèmes différentiels de la dynamique.

(*) Séance du 7 novembre 1949.

On dira que la variété $W_{2(n-1)}$, à $2(n-1)$ dimensions, plongée dans W_{2n-1} est une section ([1]) des trajectoires tracées sur W_{2n-1}, si en tout point x de $W_{2(n-1)}$ le vecteur $E_1(x)$ n'est pas contenu dans l'espace vectoriel, à $2(n-1)$ dimensions, tangent en x à $W_{2(n-1)}$.

Propriété 1. — *Les trajectoires de W_{2n-1} n'admettent pas de section compacte $W_{2(n-1)}$.*

En effet, d'après une remarque classique, la forme $d\pi'$ induite par $d\pi$ dans $W_{2(n-1)}$ serait non homologue à zéro, puisque $(d\pi')^{n-1}$ est non nul en tout point de $W_{2(n-1)}$.

Dans la suite nous ferons de plus l'hypothèse suivante :

Hypothèse 5. — *Pour toutes les valeurs de H_0 d'un certain ouvert de la droite numérique R, les trajectoires de (1) tracées dans W_{2n-1} sont fermées et sont les fibres d'une fibration de W_{2n-1} dont la base sera désignée par $\tilde{W}_{2(n-1)}$ ([2]).*

Exemples de problèmes de dynamique conduisant à des systèmes différentiels vérifiant l'hypothèse 5 :

a. La détermination des géodésiques des sphères euclidiennes.

b. Mouvements d'un point matériel attiré par un centre fixe selon la loi de Newton (trajectoires elliptiques).

c. Systèmes dynamiques dont la fonction de Hamilton s'écrit (au moyen de coordonnées canoniques p_i, p_i convenables) sous la forme $H = \Sigma(p_i^2 + q_i^2)$.

Comme d'après la propriété 1, la variété fibrée W_{2n-1} n'admet pas de section, toute fibre de W_{2n-1} est homologue avec division à zéro dans W_{2n-1}. On en conclut qu'*une variété de Riemann dont le système différentiel des géodésiques vérifie l'hypothèse 5 a son nombre de Betti, de la dimension 1, égal à zéro.*

Propriété 2. — *Sur la base $\tilde{W}_{2(n-1)}$ de W_{2n-1} il existe une forme extérieure $\tilde{\alpha}$, fermée, de degré deux, et de classe maximum.*

En effet $d\pi'$ étant un invariant intégral, il est l'image transposée par la projection canonique P de W_{2n-1} sur $\tilde{W}_{2(n-1)}$ d'une forme $\tilde{\alpha}$ de $\tilde{W}_{2(n-1)}$.

Cette propriété 3 a des conséquences importantes pour la structure topologique de $\tilde{W}_{2(n-1)}$ ([3]).

Enfin désignons par $T(x)$ la période de la trajectoire issue de $x \in V_{2n}$. La

---

([1]) *Cf.* Ch. Ehresmann, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 444-445.

([2]) *Cf.* G. Reeb, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1097-1098 et 1196-1198.

([3]) Le problème de l'existence d'une forme extérieure quadratique de rang maximum sur une variété différentiable de dimension paire a été étudié par Ch. Ehresmann [*Sur la théorie des espaces fibrés* (*Colloque de Topologie algébrique*, 26 juin-2 juillet 1947, p. 3-15)] qui a aussi signalé les conséquences qu'entraîne l'existence d'une forme fermée de ce type : la variété admet alors une structure presque hermitienne, qui pourrait être appelée kählérienne, et elle possède la plupart des propriétés énoncées par B. Eckmann et H. Guggenheimer concernant les variétés kählériennes (cf. *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 503-505).

transformation $\Theta : x \rightarrow x, t \rightarrow t+T$, laissant invariante chaque trajectoire de (1), transformera l'invariant intégral $d\omega$ en lui-même. (Ici on n'utilise pas les hypothèses 2 et 4.) Il en résulte que $dT \wedge dH = 0$. On en déduit la conséquence suivante (connue dans le calcul des variations).

Propriété 3. — *La période* T *est une constante sur une composante connexe de* $\widetilde{W}_{2(n-1)}$.

Nous remarquons enfin que moyennant de légères (et évidentes) modifications les résultats de cette Note restent valables si la fibration de W_{2n-1} admet des fibres exceptionnelles. [Il en sera ainsi par exemple pour un système dynamique dont la fonction de Hamilton est $H = \sum_i (q_i^2 + a_i^2 p_i^2)$, où les a_i sont des constantes rationnelles.]

NOMOGRAPHIE GÉNÉRALE. — *Sur la notion de contact nomographique.* Note de M. **Georges Boulanger**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Les relations géométriques de position qui peuvent être jugées à vue (et sont de ce fait utilisables en Nomographie) sont celles qui se ramènent à la constatation d'un ou de plusieurs *contacts* au sens de d'Ocagne (distances angulaires nulles). Une génération systématique des types de contacts plans est à la base de l'étude générale des structures nomographiques et de l'établissement d'une classification rationnelle des abaques. Elle n'a pas encore été faite à notre connaissance.

2. Nous avons obtenu les contacts plans en partant de la définition la plus générale des contacts tangentiels (deux lignes tangentes) et des contacts ponctuels (trois lignes concourantes). Nous avons considéré, pour chaque type, la forme complète (c'est-à-dire la forme qui ne met en jeu que des lignes cotées) et nous l'avons particularisée de toutes les manières possibles, par dégénérescence (réduction de lignes à des points) et par dérivation (réduction de familles d'éléments cotés à des éléments constants).

Les contacts de départ sont au nombre de cinq : deux contacts tangentiels, suivant que les lignes appartiennent à deux plans (contact $\mathfrak{T}_2$) ou à un plan (contact $\mathfrak{T}_1$), et trois contacts ponctuels, suivant que les lignes appartiennent à trois plans (contact $\mathfrak{P}_3$), à deux plans (contact $\mathfrak{P}_2$) ou à un plan (contact $\mathfrak{P}_1$). Nous avons établi que ces contacts peuvent engendrer 95 types distincts dans lesquels un au moins des éléments est dégénéré ou dérivé, ce qui porte à 100 le nombre total des contacts de types différents à prendre en considération (en retenant comme identiques les contacts qui se ramènent les uns aux autres par modification de l'ordre de succession des plans). Ils se répartissent en 20 contacts tangentiels (10 contacts $\mathfrak{T}_2$ et 10 contacts $\mathfrak{T}_1$) et 80 contacts ponctuels (20 contacts $\mathfrak{P}_3$, 40 contacts $\mathfrak{P}_2$ et 20 contacts $\mathfrak{P}_1$).

Les contacts non obtenus de cette manière devront être considérés comme résultant de combinaisons plus ou moins particulières des types ainsi obtenus.

Notation. — Nous utiliserons ci-après une notation symbolique dans laquelle nous désignerons respectivement par L et P les familles de lignes cotées (faisceaux) et de points cotés (échelles), et par L′ et P′ les lignes et les points constants. Nous représenterons les contacts par la succession des lettres relatives aux éléments qui y sont impliqués, en surmontant d'un trait horizontal les symboles relatifs à des éléments appartenant à un même plan.

3. Il résulte de l'examen du tableau des contacts obtenus par la génération systématique, et compte tenu de la nature des processus de dégénérescence et de dérivation, que :

a. Certains contacts ne sont pas utilisables. Ce sont des contacts qui, sauf en cas de coïncidences fortuites ne peuvent pas être réalisés (contacts impossibles; exemple : $\overline{\mathrm{L'P'L}}$), des contacts qui ne conduisent qu'à des valeurs fixes pour les inconnues qu'ils déterminent (contacts inutiles ; exemple : $\overline{\mathrm{LL'}}$), etc.

b. Certains contacts ne peuvent être utilisés que pour la fixation des plans (exemple : L′L′L′) et d'autres que pour la résolution (exemple : $\overline{\mathrm{LLL}}$).

Les contacts utilisables sont au nombre de 58. Il s'y trouve 9 contacts exclusifs de fixation et 8 de résolution.

4. Certains contacts sont équivalents entre eux (exemple : $\overline{\mathrm{LL}}$, $\overline{\mathrm{LP}}$ et $\overline{\mathrm{PP}}$). Dans chaque groupe de contacts équivalents tous les contacts, *sauf un*, ont une figuration surabondante (lignes pouvant être remplacées par des points ou supprimées, points pouvant être supprimés). Nous proposons d'adopter toujours, comme élément représentatif de chaque série, le contact à figuration non surabondante et nous sommes ainsi conduit à la notion de contacts *distincts* et effectivement utilisables. Ces contacts sont au nombre de 41. Ils se partagent en 11 contacts tangentiels (10 contacts $\mathcal{T}_2$ et 1 contact $\mathcal{T}_1$) et 30 contacts ponctuels (20 contacts $\mathcal{P}_3$, 8 contacts $\mathcal{P}_2$ et 2 contacts $\mathcal{P}_1$). Ils comprennent 7 contacts utilisables en fixation seulement et 3 en résolution.

5. *Contacts fondamentaux.* — Certains contacts sont décomposables (exemple : LLP peut être décomposé en LP + LP). Pour les contacts de résolution, cette décomposition correspond à la détermination de deux inconnues (résolution double) ou implique l'introduction d'un concept nouveau : celui de *contact de condition* (la résolution n'est valable que moyennant la vérification préalable d'un tel contact). Pour les contacts de fixation, la décomposition peut généralement être effectuée dans le cadre des théories classiques, sauf en ce qui concerne certains contacts $\mathcal{P}_2$ (condition préalable à la fixation).

Nous avons établi, à la lumière de ces considérations, que tous les contacts retenus en (4) peuvent être formés à partir de 18 d'entre eux, à savoir :

10 contacts $\mathfrak{C}_2$: LL, LP, PP, LL′, LP′, PL′, PP′, L′L′, L′P′, P′P′;
1 contact $\mathfrak{C}_1$: $\overline{\text{PP}}$;
4 contacts $\mathfrak{T}_3$: LLL, LLL′, LL′L′, L′L′L′;
2 contacts $\mathfrak{T}_2$: $\overline{\text{LL}}$L, $\overline{\text{LL}}$L′;
1 contact $\mathfrak{T}_1$: $\overline{\text{LLL}}$.

Il en résulte que *toute* la Nomographie plane actuelle peut être édifiée par la mise en œuvre des contacts élémentaires ainsi sélectionnés. Nous proposons de les considérer comme *contacts fondamentaux*. La structure de tous les contacts, et en particulier de ceux qui sont construits en dehors de la génération systématique, pourra alors être étudiée en fonction des éléments composants fondamentaux, compte tenu des équivalences possibles et des combinaisons suivant lesquelles ils peuvent être associés.

6. Les considérations ci-dessus permettront d'asseoir la classification des contacts, et partant celle des abaques, sur des bases plus solides que celles qui ont été utilisées jusqu'à présent. Elles mettront fin aux divergences observées dans l'interprétation des faits nomographiques et permettront d'axer les théories particulières dans les perspectives auxquelles conduit, sur le plan le plus général, l'étude des abaques à nombre quelconque de plans.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Une condition nécessaire que les observations doivent remplir pour être représentables par un schéma d'analyse factorielle de Spearman.* Note de M. **Pierre Delaporte**, présentée par M. Émile Borel.

Pour représenter l'ensemble des liaisons statistiques qui unissent plusieurs caractères mesurés sur les mêmes individus, C. Spearman suppose que chaque caractère est formé par la somme d'un *facteur général* commun à tous les caractères, de *facteurs de groupe* commun à plusieurs caractères et de *facteurs spécifiques* propres à chacun des caractères; tous ces facteurs sont par hypothèse statistiquement indépendants les uns des autres.

Si la distribution des caractères est gaussienne, le critérium des tétrades, ou celui que nous avons donné précédemment (¹), fournit une condition nécessaire et suffisante pour que les liaisons des caractères soient représentables par un facteur général, sans facteur de groupe. Lorsque le nombre des individus de l'échantillon n'est pas très grand, l'intervalle de confiance, à prendre autour des valeurs empiriques pour chercher si le critérium est statistiquement vérifié avec une probabilité d'exactitude de jugement, peut masquer la présence d'un facteur de groupe entre deux caractères.

Désignons par A un caractère et par Γ le facteur général. Nous avons

(¹) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1960 et **209**, 1939, p. 142.

montré précédemment [2] que l'estimation à écart type minimum du coefficient de corrélation $\rho_{A\Gamma}$ était

$$(1)\qquad r_{A\Gamma}^2 = \frac{\left[\sum_{ij} \frac{r_{Ai} r_{Aj}}{r_{ij} W_{A,ij}}\right]}{\sum_{ij} \frac{1}{W_{A,ij}}} \qquad (i, j \neq A);$$

les sommes $\sum_{ij}$ sont étendues à tous les couples ij de caractères tels qu'aucun des coefficients de corrélation ρ_{ij}, ρ_{Ai}, ρ_{Aj} ne fasse intervenir de facteur de groupe. Les quantités de la forme $W_{A,ij}$ s'expriment de la manière suivante en fonction des coefficients de variation v des coefficients de corrélation ayant mêmes indices :

$$(2)\qquad W_{A,ij} = (v_{iA}^2 + v_{jA}^2 + v_{ij}^2 + v_{iA}^2 v_{jA}^2)(1 + 3v_{ij}^2) + 5v_{ij}^4 + \ldots.$$

L'utilisation du critérium de sélection des corrélations représentables par le facteur général seul suffit habituellement dans les applications pour déterminer les couples ij à retenir et à ceux à rejeter de la somme Σ. Parfois cependant, lorsqu'il existe de nombreux facteurs de groupe, il peut subsister quelques hésitations sur les couples de caractères ij à retenir, car, conserver seulement les couples qui sont certainement bons, les ferait rejeter tous, et il n'en resterait aucun pour estimer $\rho_{A\Gamma}$. Dans ce cas, il peut être nécessaire d'être moins sévère dans la sélection initiale et de vérifier ensuite la cohérence des termes de Σ.

Pour vérifier que les couples ij retenus dans la somme vérifient cette condition, on peut pour chacune des estimations $r_{Ai} r_{Aj} / r_{ij}$ de $\rho_{A\Gamma}^2$ former l'intervalle de confiance

$$(3)\qquad \mathcal{J}_{A,ij} = \frac{r_{Ai} r_{Aj}}{r_{ij}} \pm t\sigma_{A,ij} = \frac{r_{Ai} r_{Aj}}{r_{ij}} \pm t\sqrt{\frac{r_{Ai} r_{Aj}}{r_{ij}} W_{A,ij}},$$

où $W_{A,ij}$ est l'expression donnée dans la formule (2) et où l'on prend en première approximation pour t l'écart de la loi de Laplace-Gauss réduite, correspondant à la quasi-certitude P que l'on se donne pour le jugement.

On représente graphiquement les intervalles $\mathcal{J}_{A,ij}$ pour tous les couples ij retenus. Si tous ces $\mathcal{J}_{A,ij}$ ont une partie commune $\mathcal{C}$, ces couples ij remplissent la condition nécessaire de cohésion pour que l'estimation de $\rho_{A\Gamma}$ soit statisti-

---

[2] *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 525. Erratum à cette Note :
9e ligne après formule (4), *lire* $v'_{ik} = \sigma_{r'_{ik}} / r'_{ik}$; formule (5), *lire* $\sigma_{r_{A\Gamma}^2} = \ldots$;
1re ligne après formule (5), *lire* $r_{A\Gamma}^2$ autour de $\rho_{A\Gamma}^2$;
2e ligne après formule (5), *lire* car (4), *au lieu de* car (5) ; formule (6), *lire* serait $\sigma_{r_{A\alpha}^2} = \ldots$.

quement bonne [3]. Si certains $\mathcal{J}_{A,ij}$ n'ont pas de partie commune avec l'intervalle $\mathcal{C}$ commun aux autres, on doit rejeter ces couples ij de la formule d'estimation de $\rho_{A\Gamma}$.

On a vu précédemment que le critérium de sélection des caractères liés seulement par le facteur général, ainsi que l'estimation à écart type minimum de $\rho_{A\Gamma}$, pouvaient être étendus à la recherche des facteurs de groupe. On peut étendre de manière analogue la condition nécessaire de cohésion ci-dessus au cas des facteurs de groupe. Il suffit pour cela de remplacer dans la formule (3) les r par les résidus r' et $W_{A,ij}$ par $W'_{A,ij}$ ainsi qu'il a été indiqué précédemment [4] pour former l'intervalle relatif au couple ij. L'ensemble de ces nouveaux intervalles s'étudiera d'une manière analogue au cas du facteur général.

HYDRODYNAMIQUE. — *Application de la théorie de la couche limite à l'étude de l'écoulement sur un barrage déversoir.* Note (*) de M. **Georges Halbronn**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans une Note précédente nous avons établi l'équation de la couche limite turbulente sur un coursier plan à forte pente, assez loin de la crête déversante. Cette couche limite augmentant de hauteur vers l'aval finit par occuper toute la profondeur de l'écoulement en un point que nous appelons *point critique*. En aval, la turbulence fait sentir son effet jusqu'à la surface qui devient rugueuse, agitée, et, sous certaine condition, un entraînement d'air dans la masse peut même apparaître.

La position du point critique s'obtient en écrivant que l'épaisseur de la couche limite est égale à la profondeur d'eau Y, soit avec les notations déjà utilisées et q désignant le débit linéaire

$$\frac{u_1}{\sqrt{2gh}} = 1,$$
$$\frac{Y}{\varepsilon} = \frac{\varepsilon^n k^n}{D\nu^n}\frac{e^z}{Z^n}u_1^n = \frac{e^z}{D}R_+^n,$$
$$\frac{q}{\nu} = \frac{u_1 Y}{\nu}\left(1 - \frac{1}{Z}\right),$$
$$\frac{4k}{25\sin i}\frac{h}{Y} = Z + a_1 + a_2 Z^{-1} + \ldots,$$

équations sans dimension qui définissent h, Y et Z, connaissant q, i, ε et ν. La relation exacte liant Z aux données conduit à des calculs compliqués.

---

[3] Remarquons qu'un couple qui ferait intervenir le facteur général et un facteur de groupe et qui aurait par hasard une partie commune à l'intervalle commun, ne pourrait pas fausser de manière notable l'estimation de $\rho_{A\Gamma}$.

[4] *Loc. cit.*, 1946, p. 527.

(*) Séance du 2 novembre 1949.

En pratique, on peut la remplacer par des formules d'interpolation dans un large domaine de variation de Z, par exemple :

$$\text{en régime L : } 0,479\,Z = \log_{10} 0,319\,\frac{Dkq}{\nu};$$

$$\text{en régime R : } 1,363\,Z = \log_{10} \frac{1.288}{25}\,\frac{q^2 D^3 k}{\varepsilon^3 g \sin i}.$$

La position du point critique dépendant de la viscosité ne suivra pas la similitude de Froude. La théorie précédente permet d'apprécier dans chaque cas le sens et l'ordre de grandeur de l'écart.

Soit un prototype auquel correspond les lettres accentuées et son modèle en similitude de Froude au $1/\lambda^2$. Considérons par exemple le cas où modèle et prototype sont en régime d'écoulement lisse, à la même température; d'après la formule d'interpolation

$$Z' - Z = 2,09 \log \frac{q'}{q} = 3,13 \log \lambda = \beta,$$

d'où l'on tire

$$\frac{h'}{h} = \lambda \left[1 + \frac{2}{3}\frac{\beta}{Z} + \ldots \right],$$

$$\frac{Y'}{Y} = \lambda \left[1 - \frac{1}{3}\frac{\beta}{Z} + \ldots \right],$$

le point critique sera plus en aval sur le prototype que sur le modèle, et la profondeur y sera moindre que celle déduite de la similitude de Froude; ces deux variations étant dans le sens de la sécurité.

Lorsque l'entraînement d'air ne se produit pas, on peut étudier l'évolution du mouvement en aval. La méthode précédente s'applique, mais la condition $u_1 = \sqrt{2gh}$ est alors remplacée par l'invariance du débit total. On trouve ainsi en posant

$$\frac{q^2}{g} = Y_{cr}^3; \qquad \frac{g}{C^2} = \frac{k^2}{(Z-1)^2},$$

[Y_{cr} profondeur critique, C coefficient de Chézy] :

$$\sin i - \frac{Y_{cr}^3}{Y^3}\frac{g}{C^2} = \frac{dY}{dx}\left[\cos i - \frac{Y_{cr}^3}{Y^3}\left(1 + \frac{1}{Z^2} + \ldots\right)\right],$$

Z étant grand devant l'unité, cette relation se confond pratiquement avec l'équation bien connue du mouvement graduellement varié, qui découle, il est vrai, d'hypothèses analogues (faibles courbures, répartition des vitesses identique à celle du mouvement uniforme tangent). On peut déduire du calcul ci-dessus les vitesses à la fin du coursier qui sont utiles pour prévoir la trajectoire du jet libre.

Une solution approchée des mêmes problèmes dans le cas d'un coursier de

largeur finie s'obtient en supposant le frottement à la paroi u réparti de façon uniforme, suivant le mode de raisonnement qui conduit à introduire la notion de rayon hydraulique.

AÉROTECHNIQUE. — *Calcul approché des caractéristiques des anémomètres à fils chauds.* Note (*) de M. **Gottfried Dätwyler**, présentée par M. Joseph Pérès.

En supposant le fil chaud avec la longueur L comme partie d'un fil de longueur infinie, on peut calculer d'avance ses caractéristiques. On se base sur les résultats des expériences sur l'échange de chaleur de cylindres dans un écoulement, pour lesquels Ulsamer [1] a donné l'expression analytique

$$Nu = c_0(Re)^n,$$

résultat des lois de similitude. Les valeurs numériques trouvées sont les suivantes :

Re.	c_0.	n.
0,1 à 4	0,875	0,305
4 à 50	0,764	0,41
50 à 1000	0,537	0,50

Les calculs se basent sur le bilan thermique du fil chaud qui est donné comme

$$0,239\, I^2 R = \zeta \pi D L (t - t_a),$$

où

I, courant de chauffage;
D, diamètre du fil;
t_a, température de l'air;
Nu, nombre de Nusselt;
Re, nombre de Reynolds $= (U.D/\nu_m)$;
ν, viscosité cinématique;
R, résistance du fil chaud;
t, température du fil chaud;
ζ, coefficient d'échange de chaleur $= (Nu.\lambda_m/D)$;
U, vitesse de l'écoulement;
λ, coefficient de conductivité thermique de l'air.

L'index m indique la moyenne intégrale des quantités, prise entre les limites t et t_a. L'index o refère à la température 0°C.

Avec

$$R = \frac{r_0 L}{\frac{\pi}{4} D^2}(1 + \alpha_0 t),$$

(*) Séance du 7 novembre 1949.

(1) *Forschung*, Bd. 3, Heft 2, 1932, p. 94 à 98.

où

r_0, résistance spécifique du matériel du fil chaud;
α_0, coefficient de température de la résistance du matériel du fil chaud;
on obtient

1. le courant

$$I = \frac{\pi D^2}{2} \sqrt{\frac{\lambda_m N u (t - t_a)}{0,239 r_0 (1 + \alpha_0 t)}};$$

2. la tension unitaire

$$\left(\frac{E}{L}\right) = \frac{2}{D} \sqrt{\frac{\lambda_m N u (t - t_a)(1 + \alpha_0 t) r_0}{0,239}};$$

3. la constante de temps

$$M = \text{const.} \frac{\left(\frac{dR}{dI}\right)}{E} = \frac{\left(\frac{D}{2}\right)^2 \gamma s}{\lambda_m N u \left[1 - (t - t_a)\left(\frac{\alpha_0}{1 + \alpha_0 t} - \frac{a}{\lambda_m} + \frac{nb}{v_m}\right)\right]};$$

où sont utilisées les approximations

$$\lambda_m = \lambda_a + a(t - t_a) = \lambda_0 + a(t + t_a),$$
$$v_m = v_a + b(t - t_a) = v_0 + b(t + t_a),$$

qui sont bonnes pour $0° \leqq t \leqq 500°$C.

Pour $I \to 0$ s'ensuit

3 *a*.
$$M_a = \frac{\left(\frac{D}{2}\right)^2 \gamma s}{\lambda_a N u},$$

où

$\gamma =$ poids spécifique du matériel du fil chaud;
$s =$ chaleur » »

4. La sensibilité

$$\left(\frac{dE}{dU}\right) = \left(\frac{E}{U}\right) \frac{\left(\frac{\alpha_0 n}{1 + \alpha_0 t}\right)}{\left\{\frac{nb}{v_m} - \frac{a}{\lambda_m} - \frac{(1 + \alpha_0 t_a)}{(1 + \alpha_0 t)(t - t_a)}\right\}}$$

ou

$$\varepsilon = \frac{\left(\frac{dE}{E}\right)}{\left(\frac{dU}{U}\right)} = \frac{\left(\frac{\alpha_0 n}{1 + \alpha_0 t}\right)}{\left\{\frac{nb}{v_m} - \frac{a}{\lambda_m} - \frac{(1 + \alpha_0 t_a)}{(1 + \alpha_0 t)(t - t_a)}\right\}}.$$

Il est à noter que ces expressions sont valides sous conditions que $I =$ const.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Démarrage des réacteurs à rotor.* Note de MM. **Maurice Berger** et **Paul Gérard**, présentée par M. Robert Esnault-Pelterie.

Le démarrage des réacteurs à rotor exige une importante énergie, par suite de la résistance opposée par le compresseur pendant le lancement (on sait que, en marche, le compresseur absorbe la presque totalité de la puissance fournie par la turbine).

Actuellement, les avions à réacteurs ne peuvent généralement pas avoir, à bord, la source d'énergie capable d'assurer leur départ, par suite du poids prohibitif de l'installation. Ils ne sont donc pas complètement autonomes.

Jusqu'ici, on a surtout cherché à appliquer aux réacteurs les dispositifs de démarrage classiques des moteurs à pistons. Mais le problème n'étant pas le même, ces dispositifs ne paraissent pas convenir complètement.

Il est donc utile de rechercher une méthode indiquant les conditions optima de démarrage des réacteurs, pour en déduire les caractéristiques d'un dispositif de démarrage, permettant de réduire le poids au minimum.

Problème. — *Pour démarrer un réacteur, il faut communiquer au rotor une vitesse suffisante pour que le cycle compression-combustion-détente devienne moteur.*

Étude. — L'énergie communiquée par le démarreur au rotor est employée à trois fins :

1° accélérer le rotor jusqu'à la vitesse de départ ω_1;

2° effectuer le travail de compression pendant la durée de l'entraînement;

3° vaincre les résistances passives (négligeables en première approximation). Soient : C, le couple (supposé constant) fourni par le démarreur accouplé au rotor; I, le moment d'inertie du rotor et de son équipement; ω, la vitesse angulaire du rotor à un instant quelconque.

Le couple résistant dû à l'inertie est $I(d\omega/dt)$.

Le couple résistant du compresseur est pratiquement proportionnel au carré de la vitesse (tout au moins dans la zone comprise entre zéro et la vitesse de départ ω_1); soit : $K\omega^2$ (K = constante du compresseur, de dimension ML^2).

L'équation du démarrage est donc $I(d\omega/dt)+K\omega^2=C$.

En posant $x=\omega\sqrt{K/C}$ et en intégrant on a

$$t=\frac{I}{2\sqrt{KC}}\,\mathrm{L}n\,\frac{1+x}{1-x}.$$

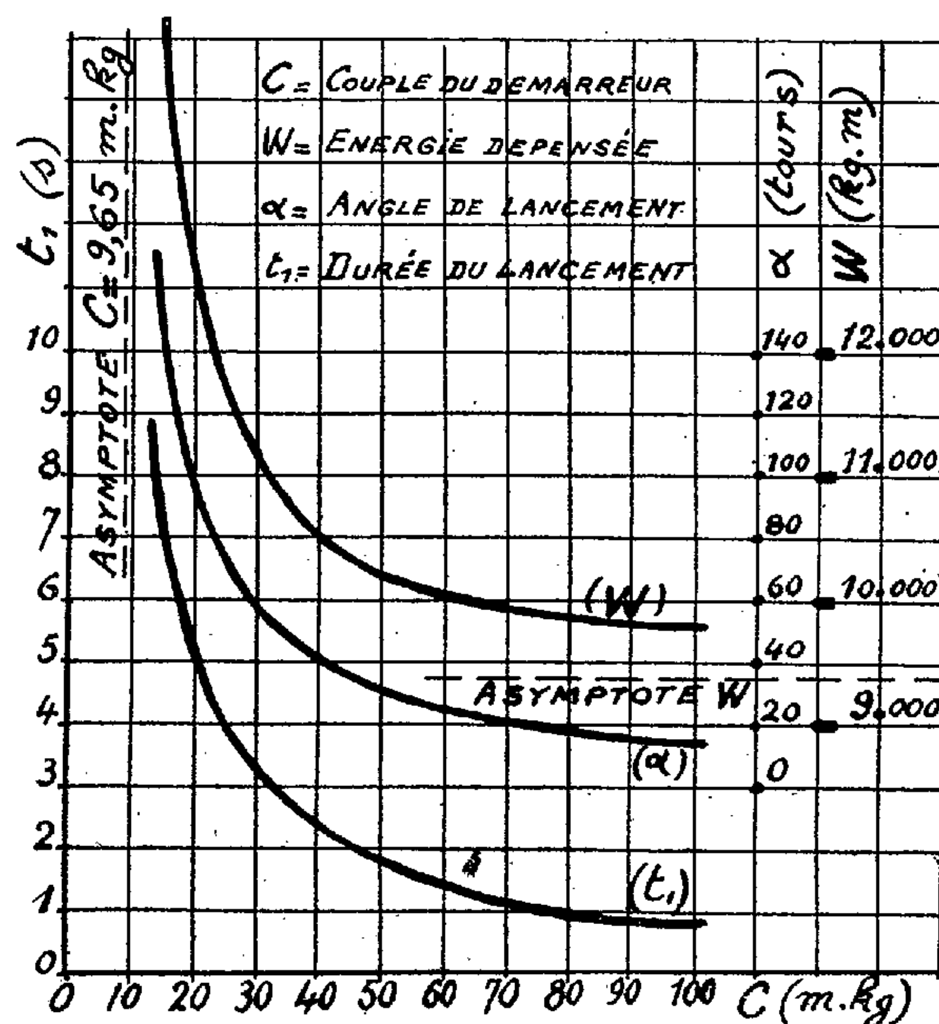
En se fixant un couple constant C, on peut en tirer : la durée du lancement t_1 (pour atteindre la vitesse de départ ω_1) l'angle de lancement α (nombre de tours d'entraînement nécessaires) et l'énergie dépensée $W=2\pi\alpha C$.

Les calculs effectués sur un cas pratique existant donnent les résultats enre-

gistrés sur les courbes ci-contre, en fonction de divers couples C (de o à 100 m.kg).

On voit que pour un couple de 10 kg.m, l'énergie, l'angle et la durée de lancement seraient infinis (asymptote C = 9,85). Cette asymptote correspond au cas où le couple du démarreur est juste égal au couple résistant du compresseur à la vitesse de départ ω_1.

Au delà de C=100 kg.m, on voit qu'on gagne très peu sur l'énergie dépensée (asymptote W = 9400 kg.m, pour laquelle toute l'énergie du démarreur serait transformée instantanément en énergie cinétique dans le rotor à la vitesse ω_1, avec un couple infini, pendant une durée et un angle d'entraînement nuls).



Courbes de démarrage.

Conclusions. — Pour dépenser le moins d'énergie possible il est donc nécessaire de lancer le rotor pendant l'angle et le temps minima, soit avec le plus grand couple possible.

Ces conclusions peuvent paraître *a priori* évidentes, mais il était nécessaire d'établir une théorie pour voir l'importance des facteurs sur lesquels il faut agir et pour pouvoir ainsi choisir judicieusement les caractéristiques à adopter pratiquement pour chaque cas considéré.

Dans ces conditions, les dispositifs de démarrage répondant aux caractéristiques ci-dessus (très grands couples, faibles angles de lancement) paraissent devoir être recherchés dans les systèmes hydrauliques à très hautes pressions, dont les caractéristiques pratiques d'utilisation correspondent bien à ce problème particulier du démarrage des réacteurs.

COSMOLOGIE RELATIVISTE. — *La distribution des galaxies et la structure cosmologique de l'espace-temps*. Note de M. **Antonio Gião**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Dans une précédente Note [1] nous avons montré que les équations de champ gravifique associées aux équations de Gauss d'une hypersurface conduisent à l'expression suivante pour la constante cosmologique gravifique (λ_g)

$$\lambda_g = 6\chi^2 - \frac{8\pi K}{c^2}\mu + 4\chi\varpi_{44}, \tag{1}$$

où χ est la courbure moyenne en un point de l'espace-temps, K la constante newtonienne de la gravitation, μ la densité de masse et $\varpi_{44} \equiv \omega_{44} - \chi g_{44}$ (ω_{ik} et g_{ik} désignant respectivement les tenseurs métriques externe et interne). De (1) on déduit non seulement que $\lambda_g > 0$, mais encore que l'espace-temps, envisagé à échelle cosmologique, doit être considéré comme une hypersphère de De Sitter légèrement déformée le long des tubes d'Univers des galaxies [1].

Soit M_{gal} la masse moyenne des galaxies et δ_{gal} le nombre moyen de galaxies par unité de volume. On peut alors écrire à échelle cosmologique $\mu = M_{gal}\,\delta_{gal}$ et comme le nombre (N_{obs}) de galaxies que l'on peut observer dans un volume V_{obs} est $\int \delta_{gal}\,dv$, on déduit de (1) en négligeant le terme $4\chi\varpi_{44}$ sans importance à échelle cosmologique

$$N_{obs} = \frac{c^2}{8\pi K M_{gal}}(6\overline{\chi^2} - \lambda_g)\,V_{obs}, \tag{2}$$

les barres désignant les moyennes dans V_{obs}. D'après (2) l'existence même de galaxies exige que l'espace-temps à échelle cosmologique *ne soit pas considéré comme pseudo-euclidien*, puisqu'on doit avoir $6\overline{\chi^2} > \lambda_g > 0$ si $N_{obs} \neq 0$.

2. Comme les tubes d'Univers des galaxies se conservent d'une section spatiale ($t = \text{const.}$) à l'autre, on a pour une distribution homogène

$$\delta_{gal} = \frac{N_0}{V_S} = \frac{N_0}{2\pi^2 P^3},$$

où N_0 désigne le nombre de galaxies contenues dans une section spatiale de l'Univers dont le volume V_S est très voisin du volume $2\pi^2P^3$ d'une section spatiale d'une hypersphère de De Sitter caractérisée par $P = P_0\,ch(ct/P_0)$. Nous avons donc aussi

$$N_{obs} = \frac{N_0}{2\pi^2}\overline{(P^{-3})}\,V_{obs}. \tag{3}$$

---

[1] *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 812.

ce qui montre que par suite de l'expansion actuelle de l'Univers, le nombre de galaxies observées n'est pas rigoureusement proportionnel à V_{obs}, même pour une distribution homogène. En effet, d'après la forme bien connue du ds^2 de De Sitter-Lanczos, $\overline{P^{-3}}$ augmente quand on prend des V_{obs} de plus en plus grands jusqu'au rayon $c\tau$, τ étant l'âge de la phase en expansion ([2]). La courbe de la fonction $N_{obs}(V_{obs})$ présente alors un point d'inflexion ([3]) au delà duquel elle tend vers N_0.

3. La comparaison de (2) à (3) donne la relation

$$6\overline{\chi^2} = \lambda_g + \frac{4KM}{\pi c^2}\overline{(P^{-3})}, \tag{4}$$

où $M = N_0 M_{gal}$ est la masse totale des galaxies contenues dans une section spatiale de l'Univers. Nous avons montré ailleurs ([4]) que pour expliquer, par notre théorie unitaire, les propriétés des particules fondamentales lourdes, il faut poser au début de la phase en expansion un équilibre entre le potentiel gravifique créé par les masses et le potentiel qui correspond à la densité fictive de masse représentée par la constante cosmologique. Cet équilibre est exprimé par $4KM = \pi c^2 P_0 a$ avec $a \equiv \lambda_g P_0^2 - 6$. En tenant compte de (4) on voit donc facilement que la courbure moyenne varie entre les limites $\chi^2_{min} = (6+a)/6P_0^2$ pour $t \to \pm\infty$ $(P \to \infty)$ et $\chi^2_{max} = (6+2a)/6P_0^2$ pour $t = 0$ $(P = P_0$, début de l'expansion). Or, il faut poser ([3]) $a \simeq 1$, de sorte que $\chi^2_{min} = 7/6P_0^2$ et $\chi^2_{max} = 8/6P_0^2$. La variation de la courbure moyenne est donc très faible, ce qui montre que les déformations de l'hypersphère de De Sitter sont cosmologiquement petites.

4. Il semble y avoir une légère dissymétrie de la distribution des galaxies par rapport au plan équatorial de notre galaxie ([5]). Cette dissymétrie montre, d'après (2), qu'il existe une ride de l'espace-temps orientée de manière que $\overline{\chi^2}$ soit légèrement plus grand dans l'espace boréal. Le rotationnel du mouvement général de la matière à échelle cosmologique n'est donc pas tangent à la ride. En effet, la vitesse de rotation des galaxies doit être égale, d'après les principes de l'hydrodynamique, à la moitié de ce rotationnel. Nous reviendrons prochainement sur cette question.

([2]) A tout instant t le volume V_{obs} se compose évidemment de sphères de rayons r relatives à des temps $t-(r/c)$.

([3]) Les recensements de galaxies sont encore très loin d'avoir exploré des volumes suffisamment grands pour pouvoir déterminer ce point d'inflexion et par conséquent l'âge de la phase en expansion.

([4]) *Portugaliæ Mathematica*, 7, 1948, p. 1-44.

([5]) *Cf.* H. Shapley, *Galaxies*, 1943, p. 193.

GÉODÉSIE. — *Sur la variation périodique de la gravité en un lieu.* Note de MM. **Robert Bollo** et **André Gougenheim**, présentée par M. Pierre Lejay.

A la suite d'une première série de mesures, dont nous avons rendu compte dans une autre publication (¹), la Compagnie Générale de Géophysique et le Service géophysique des Mines Domaniales de Potasse d'Alsace ont bien voulu accepter de collaborer avec le Bureau des Recherches géologiques et géophysiques pour faire procéder à des séries de mesures de la variation de la gravité en fonction du temps, en différents lieux et à une même époque choisie à cause de l'importance de l'action luni-solaire; une autre série de mesures analogues a été faite ultérieurement par le B. R. G. G. Le Service hydrographique de la Marine, en se chargeant du dépouillement des résultats, a permis de tirer de ces expériences une analyse des variations astronomiques de la gravité.

L'analyse des observations a d'abord comporté le calcul, pour chaque instant d'observation, de la composante verticale de l'action luni-solaire dans l'hypothèse d'un globe rigide; cette action correspond, pour chaque astre, à une accélération centripète

$$\Gamma = -g\frac{M}{M_0}\left(\frac{r_0}{r}\right)^3(3\cos^2 Z - 1),$$

dans laquelle les lettres désignent : M_0 et r_0 la masse et le rayon de la Terre, M, r et Z, la masse, la distance et la distance zénithale de l'astre perturbateur.

Compte tenu de ce que les indications des gravimètres sont purement relatives et rapportées à une origine arbitraire, la comparaison des courbes représentant les valeurs calculées et les valeurs observées en fonction du temps, montre que les deux courbes ne sont pas tout à fait superposables, elles offrent un léger glissement du niveau moyen dû à la dérive de l'appareil de mesure et une certaine différence d'amplitude attribuable à un défaut de rigidité du globe terrestre; par contre, on ne constate entre elles aucun déphasage sensible.

Les observations ont été traitées par la méthode des moindres carrés, dans l'hypothèse d'un déphasage nul, d'une dérive linéaire et d'un rapport constant de proportionnalité entre les variations observées et les variations théoriques de la gravité, à l'effet d'en déduire la valeur a de ce rapport et accessoirement celle de la dérive. Le tableau donne les valeurs trouvées pour a ainsi que la valeur moyenne ρ_m des écarts individuels des observations, la valeur ρ_{max} de l'écart maximum et la valeur $\rho_{\frac{1}{2}}$ de l'écart maximum atteint par la moitié des observations, chiffre destiné à caractériser leur groupement. La faiblesse de ρ_m

(¹) R. Bollo et A. Gougenheim, *Annales de Géophysique*, 5, 1949, p. 176-180.

et de $\rho_{\frac{1}{2}}$ montre que la précision des observations avoisine le 1/100 de milligal et que, dans ces limites, les hypothèses faites initialement sont vérifiées.

N°.	Date. Gravimètre utilisé.	Lieu d'observation. Lat., long., altitude.	Auteur des mesures.	Circonstances.	Nombre de mesures effectuées.	Nombre de mesures utilisées.	a.	en 1/10 de milligal. ρ_m.	$\rho_{\frac{1}{2}}$.	ρ_{max}
1.	5 au 9 juillet 48 North-American A G I-45	Chambon-la-Forêt (Loiret) 48°01′ N 2°16′ E-133m	B R G G	Favorables	96	96	1,147	0,08	0,06	0,26
2.	28 au 30 décembre 48 North American A G I-45	Parc-Saint-Maur (Seine) 48°49′ N-2°29′ E-50m	B R G G	Agitation microsismique	49	41	1,150	0,14	0,09	0,57
3.	28 au 30 décembre 48 Western	Welschbruch (Bas-Rhin) 48°24′ N-7°21′ E-770m	M D P A	Tempête Agitation	48	25	1,293	0,11	0,09	0,29
4.	27 déc. 48 au 2 janv. 49 North American 71	Bar-sur-Seine (Aube) 48°07′ N-4°22′ E	C G G	–	–	–	1,283	0,13	0,10	0,50
5.	4 au 6 août 49 North American A G I-45	La Chapelle-St-Laurent (Deux-Sèvres) 46°45′ N-0°29′ W-182m	B R G G	Généralement favorables	53	53	1,310	0,09	0,07	0,32

Le dépouillement des observations n'a pas mis en évidence d'effet lié à la variation diurne de la température. Il est vraisemblable que celle-ci n'affecte que la couche tout à fait superficielle. La charge variable qu'imposent les marées océaniques au Plateau Continental, dont on pouvait attendre l'effet à la station de la Chapelle-Saint-Laurent, comporte une onde semi-diurne prédominante avec un déphasage important, dont la superposition à la marée directe aurait été facile à distinguer. On peut donc conclure que ce phénomène n'a également qu'une influence négligeable.

Il est intéressant de constater que les observations 1 et 2, effectuées dans la partie centrale du Bassin Parisien sur une grande épaisseur de terrains sédimentaires, conduisent sensiblement à la même valeur de a (1,15). Les déterminations 3 et 5 sur sol granitique s'accordent également (1,30 environ). Quant à la station de Bar-sur-Seine, qui a fourni une valeur intermédiaire, elle correspond à une région où la couverture sédimentaire au-dessus du socle cristallin Vosges-Morvan doit être sensiblement moins épaisse qu'au Centre du Bassin Parisien.

Indépendamment de l'influence de la structure géologique que font pressentir ces résultats, la valeur du coefficient a fournit un renseignement de première importance sur l'élasticité du globe pris dans son ensemble. Il n'est cependant pas justifié d'en tirer une valeur apparente du module d'élasticité qui ne s'appliquerait que dans l'hypothèse d'un globe homogène.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La théorie de l'électron de Dirac, dans l'espace des moments*. Note (*) de M. **Maurice Lévy**, présentée par M. Jean Cabannes.

La théorie non relativiste de l'électron a été étudiée, dans l'espace des moments, de plusieurs manières, spécialement dans le cas du champ coulombien (atome d'hydrogène) ([1]), ([2]). Le problème relativiste n'a été pratiquement pas traité jusqu'ici, si l'on excepte une courte notice de Rubinowicz ([3]). Nous avons consacré à cette question une étude assez longue, dont nous voudrions donner ici un aperçu, en nous bornant au cas du champ coulombien.

Le système des équations de Dirac s'écrit, dans ce cas,

$$\left[\vec{\alpha}.\vec{p}+\frac{1}{c}(\mathrm{E}+\beta\mathrm{E}_0)\right]\Psi(\vec{p})+\frac{\alpha\mathrm{Z}}{\pi}\int_{(\vec{p}')}\frac{\Psi(\vec{p}')\,d\vec{p}'}{|\vec{p}-\vec{p}'|^2}=0. \tag{1}$$

Dans cette équation $\vec{\alpha}$ et β sont les opérateurs de la théorie de Dirac et $\mathrm{E}_0=mc^2$, m étant la masse de l'électron; α et Z sont respectivement la constante de structure fine et le nombre atomique de l'atome hydrogénoïde considéré.

Les solutions de l'équation (1) ont été obtenues par Rubinowicz par application de la transformation de Fourier aux solutions de l'espace cartésien. Les deux fonctions radiales $\mathrm{M}(\sigma)$ et $\mathrm{N}(\sigma)$ s'expriment au moyen d'une fonction $\mathrm{G}(\nu, \beta, \delta, \rho, \sigma)$ que nous avons transformée en posant

$$\sigma=\operatorname{cotg}\psi, \tag{2}$$

ce qui revient à transformer l'espace des impulsions $(\mathcal{E}_m)$ en une sphère de rayon unité appartenant à l'hyper-espace à 5 dimensions $(\mathcal{E}_n)$ dont $(\mathcal{E}_m)$ est la projection orthogonale. On obtient ainsi (abstraction faite du coefficient de normalisation)

$$\mathrm{G}\approx\sum_{n=0}^{\nu}(-2)^n\frac{\Gamma(n+l+\delta+3)}{n\,!\,\Gamma(\nu-n+1)\Gamma(\beta+n)}\cos^{n+\delta}\psi\sin^{-\frac{1}{2}}\mathrm{P}_{n+\delta+\frac{1}{2}}^{-\left(l+\frac{1}{2}\right)}(\cos\psi). \tag{3}$$

Les fonctions G_n, qu'on obtient en supprimant le signe somme dans l'équation (3), peuvent s'exprimer en une combinaison linéaire finie des

(*) Séance du 2 novembre 1949.

([1]) Weyl, *Zeits. f. Physik*, 48, 1928, p. 1; E. Podolsky et L. Pauling, *Phys. Rev.*, 34, 1929, p. 109; E. A. Hylleraas, *Zeits. f. Phys.*, 74, 1932, p. 216; W. Elsasser, *Zeits. f. Phys.*, 81, 1931, p. 332.

([2]) V. Fock, *Zeits. f. Physik*, 98, 1936, p. 145.

([3]) *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 1330. On se reportera à cet article pour les notations utilisées ici.

fonctions G; comme elles forment, de plus, un système orthogonal et complet, *on peut les considérer comme un système de fonctions propres de l'équation* (1). L'équation (3) traduit simplement le fait que la transformation de Fourier équivaut, dans l'espace fonctionnel de Hilbert, à une rotation finie appliquée aux vecteurs propres, qui s'expriment, après la transformation, en une combinaison linéaire des vecteurs propres initiaux.

L'équation (3) permet de déceler un autre aspect des solutions : celles-ci coïncident, à un facteur près, avec les *harmoniques sphériques* de l'hyperespace $(\mathcal{E}_n)$. Ce résultat est en analogie très étroite avec celui obtenu par Fock ([2]) dans le cas non relativiste. Une différence importante doit cependant être soulignée : l'espace de Fock, $(\mathcal{E}_f)$, s'obtient à partir de $(\mathcal{E}_m)$ par la transformation

$$\sigma = \operatorname{cotg} \frac{\psi'}{2}, \tag{4}$$

$(\mathcal{E}_m)$ se déduisant de $(\mathcal{E}_f)$ par projection stéréographique. Le passage de $(\mathcal{E}_f)$ à $(\mathcal{E}_n)$ peut donc se faire en posant

$$\psi' = 2\psi; \tag{5}$$

avec ces notations, la partie radiale des solutions de Fock s'écrit

$$\Pi_{n,l}(\psi) \approx \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sin^{\frac{1}{2}} 2\psi \, P_{n-\frac{1}{2}}^{-\left(l+\frac{1}{2}\right)} (\cos 2\psi). \tag{6}$$

On peut faire apparaître dans cette expression les harmoniques sphériques de l'espace $(\mathcal{E}_n)$ en transformant la fonction de Legendre qui y figure

$$\Pi_{n,l}(\psi) \approx \sqrt{\frac{\pi}{2}} \, 2^l \sin^{-\frac{1}{2}} \psi \cos^l \psi \sum_{k=0}^{n-l-1} \frac{(-2)^k \Gamma(n-l)}{k! \, \Gamma(n-l-k)} \cos^k \psi \, P_{k+l+\frac{1}{2}}^{-\left(l+\frac{1}{2}\right)} (\cos \psi). \tag{7}$$

La comparaison des équation (3) et (7) montre que l'on peut passer de l'une à l'autre en annulant la constante de structure fine α (c'est-à-dire la perturbation qui levait la dégénérescence), car, dans ce cas, $\delta \to l$. En supprimant le signe somme dans l'équation (7), on substitue donc au système des fonctions propres de Fock un système qui lui est équivalent, mais qui présente l'avantage de ne différer du système relativiste que par une très petite variation des indices. L'équation (7) représente, en somme, l'opération que l'on effectue habituellement avant d'appliquer une perturbation à un problème dégénéré, c'est-à-dire, dans l'espace de Hilbert, une rotation finie destinée à placer les axes dans une position telle que l'application de la perturbation ne leur fera subir que des rotations extrêmement petites.

Les résultats précédents résultent d'une application de la transformation de Fourier aux solutions de l'espace cartésien. On peut aussi opérer directement sur l'équation (1), en séparant les variables angulaires. On obtient pour les

fonctions radiales, un système d'équations intégrales de Volterra dont les expressions (3) sont solutions. Une autre méthode, que nous avons également utilisée, consiste à obtenir, par une méthode d'itération due à Hylleraas ([1]), le système des équations différentielles des fonctions M et N, et à montrer qu'il admet pour solutions les expressions (3).

Les résultats qui précèdent peuvent être généralisés à d'autres types de potentiels centraux, en particulier le potentiel mésique.

THÉORIE CINÉTIQUE. — *Une équation d'état acceptable.*
Note de M. **Yves Rocard**, présentée par M. Jean Cabannes.

Bien que le problème de l'équation d'état des fluides paraisse aujourd'hui assez périmé, il faut remarquer qu'il n'a encore reçu aucune solution quantitativement satisfaisante.

1. Non seulement l'équation de Van der Waals, mais toute équation de la forme

$$P = RTf(V, T) - \frac{a(T)}{V^2} \tag{1}$$

conduit à $RT_c/P_cV_c < 3$, alors que l'expérience donne 3,80 pour une grande série des corps se conformant à la loi des états correspondants. Ceci a conduit à considérer par exemple l'équation de Dieterici

$$P = \left[\frac{RT}{v - b}\right] \exp\left(\frac{-a}{RTV}\right) \tag{2}$$

qui donne 3,70 pour ce rapport.

2. Mais calculons la pression de vapeur saturante P à une température $T = T_c/2$. Dieterici donne $P = 0{,}330\,P_c$. Van der Waals donne $T = 0{,}044\,P_c$ alors que l'expérience donne $P = 0{,}001\,P_c$ environ. Ceci condamne Dieterici, dont l'isotherme théorique ne donne pas de pressions négatives, et nous suggère de nous rapprocher du développement théorique de l'équation d'état.

3. Il est connu que l'équation d'état prend la forme

$$P = \frac{RT}{v}\left(1 + \frac{b}{v} + \frac{5}{8}\frac{b^2}{v^2} + 0{,}2868\frac{b^3}{v^3}\ \ldots\right) - \frac{a}{v^2},$$

sous l'hypothèse de sphères rigides élastiques, avec force centrale attractive, mais en négligeant les variations dans la répartition des molécules provenant desdites forces. Ce développement rigoureux est bien approché par

$$P = \frac{RTv^2}{\left(v - \frac{b}{3}\right)^3} - \frac{a}{v^2}, \tag{3}$$

(4) $$P = \frac{RT}{v} \frac{e^{\frac{b}{v}}}{1 - \frac{1}{8}\frac{b^2}{v^2}} = \frac{a}{v^2},$$

(3) se développe en

$$1 + \frac{b}{v} + \frac{2}{3}\frac{b^2}{v^2} + \ldots,$$

et (4) en

$$1 + \frac{b}{v} + \frac{5}{8}\frac{b^2}{v^2} + 0,29\frac{b^3}{v^3} + \ldots$$

ce qui est presque parfait.

Or, pour $T = (T_c/2)$, (3) donne $(P/P_c) = \pi = 0,008$ et (4) $\pi = 0,0018$ bien plus satisfaisant que Van der Waals : on voit tout ce que l'on gagne à se rapprocher sagement de la théorie. Les équations (a) et (b) ont encore l'avantage de conduire à des volumes limites $v \sim (b/3) \sim (b/2,83)$ qui conviennent bien à la structure limite en piles de boulets si la pression croît beaucoup : elles conviendront pour des liquides.

4. Est-il possible de tenir compte de l'influence des forces d'attraction sur la répartition en distance des molécules ? C'est tout le problème de la théorie cinétique des liquides. On sait que Yvon (1936) puis Kirkwood, puis Born et Green (1947) en ont posé les équations rigoureuses, mais n'ont pu envisager au plus que des constellations de 3 molécules, et encore seulement comme superposition de 3 constellations de 2. Bien que ces efforts très puissants aient donné une riche moisson, il nous faut autre chose ici.

Si une molécule, en se rapprochant d'une autre, se meut dans un potentiel qui n'est dû qu'à celle-ci, alors le nombre de chocs est augmenté dans le rapport $e^{cT_c/T}$, (cRT_c/N étant une notation pour l'énergie potentielle de 2 molécules au contact) : b est alors multiplié par ce facteur, et il en est de même de a si l'on suppose que la force d'attraction s'éteint très vite avec la distance. La correction pour b est ancienne (Reinganum), la correction pour a est suggérée ici. Avec cette modification, on trouve que l'équation d'état (1), (2), (3) et (4) représente *très bien* les faits aux basses pressions, avec $c = 1,30$ à $1,40$. A. Leduc, il y a trente ans, a fait ce travail d'un point de vue purement empirique, c'est nous qui l'interprétons.

Si maintenant le gaz se comprime, une molécule qui se rapproche d'une autre est soumise à l'attraction des voisines. Passons au cas limise où les molécules sont *encagées*, il faut prendre le zéro de potentiel non plus à l'infini mais au centre d'une cage, et si une molécule, pour se rapprocher d'une autre,

---

(1) Y. Rocard, *Journal de Physique*, 4, 1933, p. 133.

s'écarte de x du centre de la cage, elle trouve des potentiels qui doivent décroître en $-x^2$ par symétrie, en première approximation.

Soit alors v_m le volume minimum du fluide sous pression infinie, v son volume actuel. Le trajet x pour aller du centre d'une cage, au contact d'une molécule de la cage, varie comme $(v)^{1/3}-(v_m)^{1/3}$. Ceci suggère que l'on peut représenter le potentiel au contact par une expression de la forme assez simple

$$(6) \qquad \frac{c\mathrm{RT}_c}{\mathrm{N}}\left[1-\left(\frac{v_m}{v}\right)^{\frac{1}{3}}\right]^2$$

qui serait très bonne pour v très grand, et qui varierait correctement avec v pour $v \to v_m$. Cette façon d'opérer revient à appliquer une méthode de champ self-consistant, avec des simplifications empiriques, *mais en cherchant tout de même à tenir compte de tous les voisinages* et non seulement de constellations doubles et triples.

5. Dans ce point de vue, l'équation d'état devient

$$(5) \qquad \mathrm{P}=\frac{\mathrm{RT}e^{\frac{b_1}{v}}}{v\left(1-\frac{b^2}{8v^2}\right)}-\frac{a_1}{v^2} \quad \text{en posant} \quad \frac{b_1}{b}=\frac{a_1}{a}=e^{\frac{c\mathrm{T}_c}{\mathrm{T}}\left[1-\left(\frac{v_m}{v}\right)^{\frac{1}{3}}\right]^2}.$$

Une prochaine Note fera connaître les résultats obtenus par la discussion de cette équation.

On verra qu'ils couvrent bien tous les résultats expérimentaux et qu'en outre les connaissances modernes (forces de London en $1/r^7$) sont correctement exprimées.

ACOUSTIQUE. — *Expression générale du principe de Huyghens pour les propagations amorties d'ondes longitudinales*. Note (*) de M. **Jean Brodin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Problème de Huyghens. — Une onde, émise par des sources intérieures au domaine limité par une surface S, est, à l'extérieur de S, identique à une onde émise par des sources distribuées sur S. Appelons problème de Huyghens la détermination de cette distribution.

Supposant le milieu imparfaitement transparent, nous formerons *toutes* les solutions du problème de Huyghens.

La transparence imparfaite du milieu permet la définition suivante : une fonction U continue ainsi que ses dérivées sera régulière à distance R infinie si R.U et R.$\overrightarrow{\mathrm{grad}}$U tendent vers zéro. Une onde longitudinale s'exprimera par

(*) Séance du 24 octobre 1949.

le scalaire complexe $U = u + iv$ où u et v sont $A \cos \omega t$ et $A \sin \omega t$ et :

$$\Delta U = (ik + a)^2 U \qquad (a,\ k \text{ réels positifs non nuls}). \tag{1}$$

LEMME. — *Une onde scalaire* U *à propagation amortie, régulière à l'extérieur de* S, *est nulle à l'extérieur de* S, *si* $U = 0$ *sur* S, *ou si* $\vec{n}.\overrightarrow{\text{grad}}\, U = 0$ *sur* S ($\vec{n}$, *unité normale extérieure*).

En effet, l'intégrale, dans le domaine compris entre S et une sphère infinie, de

$$\text{div}\left(u\, \overrightarrow{\text{grad}}\, v - v\, \overrightarrow{\text{grad}}\, u\right) = u\,\Delta v - v\,\Delta u = 2ak(u^2 + v^2)$$

est nulle, donc $(ak \neq 0)$ $u = v = 0$ partout.

COROLLAIRE. — *Deux ondes scalaires* U *à propagation amortie, régulières à l'extérieur de* S, *y sont identiques, si elles ont sur* S *même valeur, ou même gradient normal* $\vec{n}.\overrightarrow{\text{grad}}\, U$.

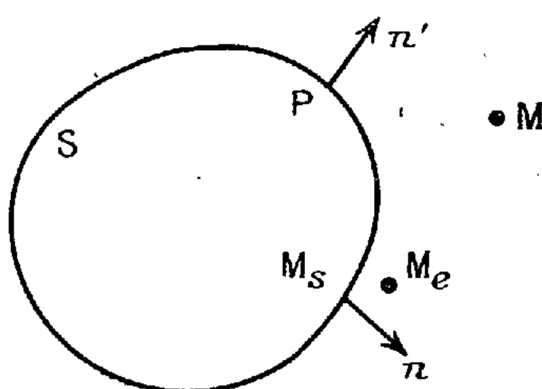
Remarque. — Lemme et corollaire restent valables si l'on remplace « extérieur » par « intérieur ».

Solution du problème de Huyghens par une simple couche. — Soit P un point d'un élément dS de S ; $\vec{r} = \overrightarrow{PM}$; $r = PM$

$$\Psi = r^{-1}\, e^{-ikr - ar}, \tag{2}$$

$\rho(P)\,dS$ une source produisant en M l'onde scalaire

$$V(M) = \iint_S dS\, \rho(P)\, \Psi. \tag{3}$$



Si M_e extérieur tend vers un point M_S de S à plan tangent continu

$$\lim\left[\vec{n}.\overrightarrow{\text{grad}}\, V(M_e)\right] = \iint_S dS\, \rho(P)\, \frac{\partial \Psi}{\partial r}\, \vec{n}.\overrightarrow{\text{grad}}\, r - 2\pi\rho(M_S). \tag{4}$$

Si cette limite est connue en tout point de S, (4) est une équation de Fredholm déterminant $\rho(P)$ en tout point de S [2].

[2] LICHNEROWICZ, *Algèbre et Analyse linéaire*, Paris, 1947.

La solution de (4) *existe et est unique,* car toute densité ρ_0 solution de l'équation sans second membre

$$2\pi\rho_0(M_S) - \iint_S ds\, \rho_0(P) \frac{\partial \Psi}{\partial r} \vec{n}.\overrightarrow{\text{grad}}\, r = 0$$

est nulle : en effet elle produit une onde régulière, à gradient normal extérieur nul sur S, donc onde nulle à l'extérieur de S; cette onde est continue sur S et régulière à l'intérieur, donc nulle partout; il n'y a pas de discontinuité du gradient, donc pas de simple couche.

Solution par double couche. — Soit $\vec{n}'$ l'unité normale extérieure en P, et $\mu(P)\,dS$ une source produisant en M l'onde scalaire

$$W(M) = -\iint_S dS\, \mu(P) \frac{\partial \Psi}{\partial r} \vec{n}'.\overrightarrow{\text{grad}}\, r. \tag{5}$$

Lorsque M_e, extérieur à S, tend vers M_S :

$$\lim W(M_e) = -\iint_S dS\, \mu(P) \frac{\partial \Psi}{\partial r} \vec{n}'.\overrightarrow{\text{grad}}\, r + 2\pi\mu(M_S), \tag{6}$$

tandis que la composante normale du gradient est continue sur S. Si $\lim W(M_e)$ est donnée en tout point de S, (6) est une équation de Fredholm en $\mu(P)$, ayant une solution unique.

Solution générale. — Soit U l'onde donnée, régulière à l'extérieur de S. Distribuons sur S une simple couche arbitraire $\rho(P)\,dS$ produisant l'onde V(M) (3). Déterminons une double couche $\mu(P)\,dS$ produisant l'onde W(5) en résolvant l'équation (6) où $\lim W(M_e) = U(M_S) - V(M_S)$. L'onde $V + W$ est identique à U à l'extérieur de S.

La solution générale comprend donc une simple couche et une double couche, l'une de ces couches étant arbitraire.

Solutions de Kirchhoff (1) (3). — Mais, *parmi toutes ces solutions, une seule donne une onde* $V + W$ *nulle à l'intérieur de* S :

$$\rho(P) = -\frac{1}{4\pi}\frac{\partial U}{\partial n'}, \qquad \mu(P) = \frac{1}{4\pi} U. \tag{7}$$

Toutes les autres en diffèrent par les discontinuités de W et du gradient normal de V entre l'intérieur et l'extérieur.

---

(1) F. Croze et G. Darmois, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 824.

(3) L. de Broglie, *Problème de propagation guidée des ondes électromagnétiques*, p. 92.

MAGNÉTISME. — *Mécanisme du champ coercitif et du magnétisme rémanent de la poudre de* MnBi. *Généralisation.* Note (*) de M. **Charles Guillaud**, retirée du pli cacheté n° 11 887, déposé le 8 mars 1943, ouvert à la demande de l'auteur le 24 octobre 1949.

Le champ coercitif des aimants permanents obtenus jusqu'à présent est dû à des tensions intérieures importantes... la formule donnant Hc en fonction de la magnétostriction λ et de la tension σ conduit à des valeurs de quelques centaines d'œrsteds.

Les résultats obtenus avec MnBi sont d'un ordre de grandeur très différent. Je vais montrer qu'il s'agit non plus seulement de déplacements irréversibles de parois, mais d'un tout autre phénomène pour obtenir le Hc maximum.

Je suppose que les grains sont orientés de telle façon que les axes sénaires de facile aimantation soient disposés parallèlement à $x'x$. En l'absence de champ inducteur, les N vecteurs aimantation sont parallèles à $x'x$, N/2 vecteurs étant dirigés suivant Ox' et N/2 suivant Ox. Dans un champ H de direction et de sens $x'x$ et d'intensité suffisante, les vecteurs aimantation dirigés suivant Ox' viendront se placer suivant Ox. Ce passage $Ox' \rightarrow Ox$ peut s'effectuer par déplacements des *parois* à 180° *de Bloch* et par rotations.

Examinons dans quelles conditions ces mécanismes peuvent se produire. MnBi étant en poudre, deux cas vont se présenter :

1° Chaque grain comprend plusieurs domaines élémentaires de Weiss;

2° Chaque grain est au plus égal à un domaine élémentaire de Weiss.

Pour les grains appartenant à la première catégorie, le passage $Ox' \rightarrow Ox$ peut se faire au moyen de déplacements de parois et de rotations, mais pour les grains de la seconde catégorie, seules les rotations interviennent, puisqu'il n'y a plus de parois. Étudions le deuxième cas, qui est le plus simple. En faisant intervenir l'énergie magnétocristalline, nous savons que nous pouvons représenter par $F_k = K_0 + K_1 \sin^2\varphi + K_2 \sin^4\varphi$ erg/cm^3, l'énergie libre liée au vecteur aimantation $\vec{I}_s$ faisant l'angle φ avec la direction de l'axe sénaire $x'x$. Pour amener $\vec{I}_s$ de la position $Ox'(\varphi = \pi)$ à la position φ, il faudra fournir un travail $W = K_1 \sin^2\varphi + K_2 \sin^4\varphi \ldots$

Le champ H permet donc d'orienter les N vecteurs $\vec{I}_s$ parallèlement à Ox. Si nous supprimons alors ce champ, les vecteurs resteront orientés puisqu'ils occupent une position d'énergie libre minimum; donc une position d'équilibre stable. Nous aurons ainsi formé un aimant.

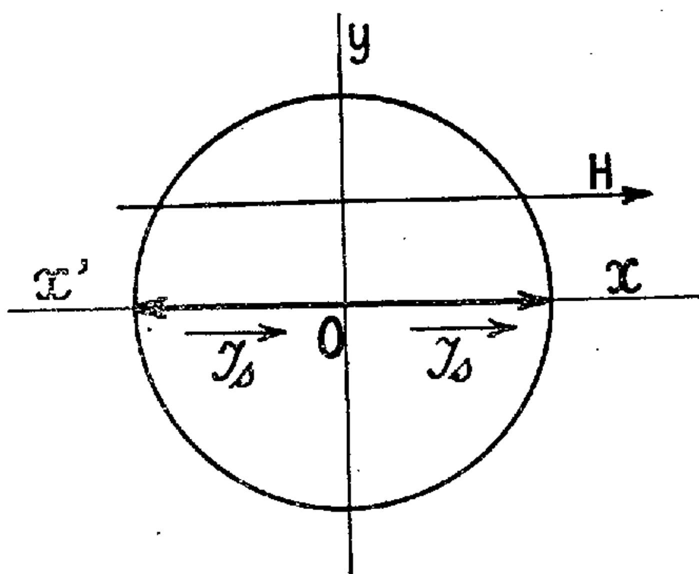
Nous voyons immédiatement que cet aimant possède un magnétisme

(*) Séance du 7 novembre 1949.

rémanent égal à l'aimantation spontanée, très proche, comme nous le savons, de l'aimantation à saturation.

Considérons maintenant le champ coercitif. Imaginons un vecteur faisant l'angle φ avec l'axe Ox, en équilibre sous l'action simultanée d'un champ H dirigé suivant Ox' et d'un couple de rappel d'origine magnétocristalline....

Pour des grains inférieurs au domaine élémentaire, nous avons vu que Hc, grâce aux rotations, atteignait la valeur limite maximum $Hc = 2K_2/I_s$.



Pour des grains composés de plusieurs domaines élémentaires, des déplacements de parois et des rotations ont lieu; les rotations, et partant Hc, sont d'autant plus importants que les grains sont plus fins....

Généralisation. — Ce mécanisme est évidemment le même pour tous les corps ferromagnétiques qui appartiennent au système hexagonal et dont les axes de facile aimantation sont les axes sénaires.

On peut le généraliser pour les autres systèmes cristallins, en particulier pour le système cubique auquel appartiennent de nombreux ferromagnétiques. Le calcul se conduit de la même façon, mais l'énergie magnéto-cristalline permettant le calcul de Hc est de la forme

$$F_K = K_1(\alpha_1^2\alpha_2^2 + \alpha_2^2\alpha_3^2 + \alpha_3^2\alpha_1^2) + K_2\alpha_1^2\alpha_2^2\alpha_3^2 \ldots$$

Construction d'aimants. — Il découle tout naturellement de ces considérations une nouvelle fabrication d'aimants dans lesquels les corps purs ou alliages ferromagnétiques sont à l'état divisé. Pour obtenir les meilleures caractéristiques il faudra donc que chaque grain ne contienne qu'un seul domaine élémentaire et que les axes de facile aimantation soient parallèles.

Si le domaine élémentaire n'est pas atteint, le champ coercitif sera d'autant plus grand que les grains seront plus fins.

Pour presque tous les ferromagnétiques, le domaine élémentaire étant de l'ordre du centième au millième de micron, on n'observera un champ coercitif notable que pour des diamètres de grains inférieurs au micron.

Enfin ce seront les ferromagnétiques présentant une forte énergie magnétocristalline qui donneront les plus grandes valeurs de Hc.

MAGNÉTISME. — *Sur la variation du moment extrapolé $\mu_{\theta=0}$ des alliages ferromagnétiques du groupe du fer.* Note (*) de M. **Pierre Taglang**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans un travail précédent [1] nous avons étudié la variation du point de Curie en fonction du moment pour une série d'alliages isoélectroniques de titre électronique moyen $\overline{Z}=27$. Cette étude nous a amené à confirmer la distinction de deux parties dans les moments atomiques moyens des alliages ferromagnétiques considérés :

1° Le moment extrapolé $\mu_{\theta=0}$ indépendant du point de Curie;

2° Le moment supplémentaire variable avec θ, relativement plus faible, en relation avec le champ moléculaire.

Dans un essai d'interprétation des moments atomiques des alliages du groupe du fer, R. Forrer [2] a admis qu'un moment de base augmentait de un magnéton de Bohr par électron solitaire de la couche $3d$. Pour vérifier cette hypothèse nous avons étudié la variation du point de Curie en fonction du moment pour des séries d'alliages isoélectroniques de titres électroniques différents. Pour éliminer autant que possible les erreurs dues à une variation de l'isoélectronicité, nous avons étudié, pour chaque titre électronique, plusieurs séries d'alliages. Les moments extrapolés $\mu_{\theta=0}$ obtenus par extrapolation des droites $\theta=f(\mu)$ vers $\theta=0$ sont rassemblés dans le tableau suivant :

Titre électronique	26,85	27,0	27,2	27,5
Moment $\mu_{\theta=0}$	1,70	1,57	1,36	1,07

Erreur moyenne : $\pm 0,02$.

En portant les moments extrapolés $\mu_{\theta=0}$ en fonction du titre électronique, nous obtenons aux erreurs d'expérience près une droite dont la pente est de -1 magnéton de Bohr par électron. Le moment extrapolé $\mu_{\theta=0}$ s'annule pour un titre électronique de 28,57. En tenant compte des expériences gyromagnétiques de A. Meyer [3] nous trouvons que le nombre d'électrons solitaires de la couche $3d$ des alliages sans champ moléculaire diminue de 1 lorsque le titre électronique augmente de 1. L'activation qui n'est pas en relation avec le champ moléculaire reste donc constante et égale à 0,57 électron par atome pour les alliages étudiés. Cette valeur est en bon accord avec la valeur trouvée pour la disparition du ferromagnétisme par Alder [4], Sadron [5] et Marian [6]

(*) Séance du 7 novembre 1949.

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 704.

(2) *Journ. de Physique*, 1, 1940, p. 74 et *Le Magnétisme*, 2, 1940, p. 165

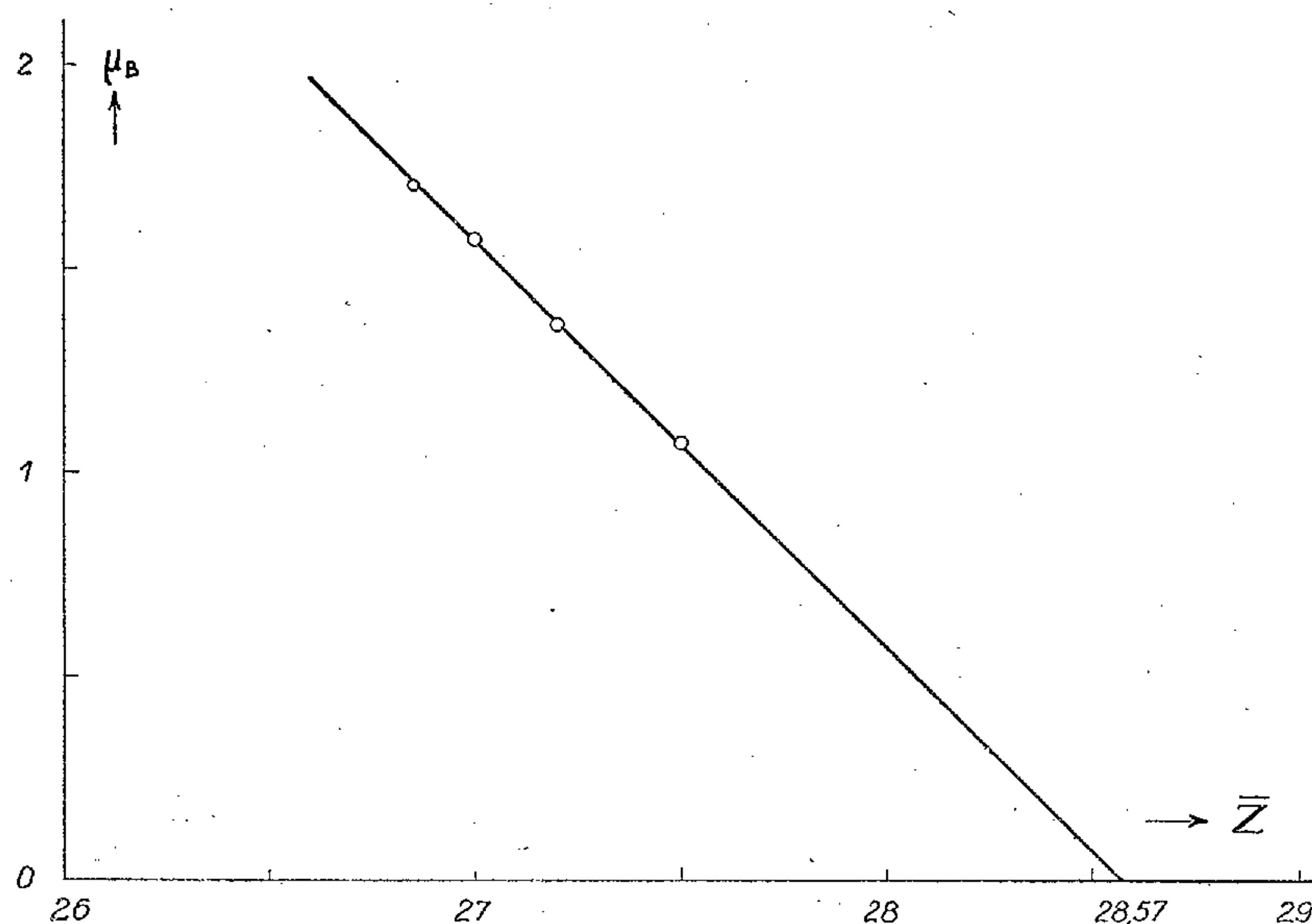
(3) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1934 et 229, 1949, p. 707

(4) *Thèse*, Zurich, 1916.

(5) *Ann. de Physique*, 17, 1932, p. 371.

(6) *Ann. de Physique*, 7, 1937, p. 459.

dans l'étude des alliages du nickel. Ces auteurs indiquent en effet qu'il faut ajouter au nickel 0,6 électron de valence par atome de nickel pour faire disparaître le ferromagnétisme. J'ai repris leurs résultats expérimentaux et j'ai constaté que la valeur 0,58 correspondait mieux à leurs expériences. Il en résulte que la pente des droites représentant les moments de ces alliages en fonction du titre électronique est supérieure à 1 magnéton de Bohr par électron de valence, fait qui est à attribuer au moment supplémentaire μ_0 du nickel qui s'ajoute à son moment $\mu_{0=0}$.



Pour interpréter ces résultats, on peut reprendre les suggestions de L. Néel ([7]) qui considère un ferromagnétique comme constitué par un mélange d'*ions* en équilibre dynamique avec une atmosphère d'électrons. Néanmoins il faut ajouter aux diverses énergies énumérées par L. Néel l'énergie d'interaction que l'on peut considérer comme fonction du nombre d'électrons solitaires à l'état $3d$ de chaque catégorie d'*ions* ainsi que de la distance de ces *ions*. Les calculs de L. Néel ne tenant pas compte de cette énergie d'interaction ne sont donc applicables qu'aux moments extrapolés $\mu_{0=0}$. Sous cette réserve ils sont en parfait accord avec nos résultats expérimentaux. L'énergie d'interaction produira une faible variation des conditions d'équilibre, variation qui entraîne l'existence du moment supplémentaire.

([7]) *Le Magnétisme*, 2, 1940, p. 105.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Calcul du décrément d'absorption relatif à une couche ionosphérique parabolique dans le cas d'une incidence normale.* Note de MM. **Émile Argence** et **Karl Rawer**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Le problème général de l'absorption des ondes courtes étudié précédemment par l'un d'entre nous (¹) conduit à l'expression générale du décrément total :

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3,$$

où $\delta = \log E_0/E_1$, E_0 étant l'intensité du champ à une distance de 1^{km} de l'émetteur, E l'intensité du champ à l'antenne de réception; δ_1 correspond à l'affaiblissement dépendant de la distance durant la propagation; δ_2 fait intervenir la perte d'énergie par chocs dans la couche et δ_3 l'influence de la réflexion partielle sur la couche E sporadique.

2. Si l'on désigne par ν_g le nombre de chocs au maximum d'ionisation, nous avons pour expression du décrément

$$\delta_2 = \frac{\nu_g}{2c}\int_{\xi_0}^{\xi_1} g(\xi)\,h(\xi)\,d\xi,$$

où $g(\xi)$ représente la variation du coefficient d'absorption avec l'altitude ξ calculée à partir de la hauteur du maximum d'ionisation et $h(\xi)$ est une fonction dépendant de la variation de l'indice. Une étude générale de l'expression précédente a été effectuée dans une autre publication (²).

3. Nous avons pour expression générale du coefficient d'absorption (³)

$$k = \frac{\nu}{2c}\,\frac{1-\mu^2}{\mu},$$

où μ désigne l'indice de réfraction, d'où $\delta_2 = \int_{\xi_0}^{\xi_1} k\,d\xi$, c'est-à-dire dans le cas d'une couche à variation parabolique et en admettant une variation exponentielle des chocs avec l'altitude : $\nu = \nu_g e^{-\frac{\xi}{H}}$ (H échelle des hauteurs)

$$\delta_2 = \frac{\nu_g}{2c}\left(\frac{f_0}{f}\right)^2 \int_{\xi_2}^{\xi_1} \frac{e^{-\frac{\xi}{H}}\left[1-\left(\frac{\xi}{\xi_m}\right)^2\right]d\xi}{\sqrt{1-\left(\frac{f_0}{f}\right)^2\left[1-\left(\frac{\xi}{\xi_m}\right)^2\right]}}$$

(f fréquence, f_0 fréquence critique, ξ_m demi-épaisseur de la couche).

(¹) K. Rawer, *Der Einfluss der Dämpfung auf die Kurzwellenausbreitung, Deustche Luftfahrtforschung Nr.*, 1872, p. 6.

(²) *Ibid.*, p. 55 et suiv.

(³) Nous négligeons l'influence du champ magnétique terrestre.

L'étude de l'intégrale précédente conduit aux résultats suivants :

a. Dans le cas où il y a réflexion

$$\delta_2 = \frac{\nu_g}{4c\eta}\xi_m[(\eta^2+1)\Phi_0(\eta) - (\eta^2-1)\Phi_1(\eta)],$$

où l'on a posé

$$\eta = \frac{f_0}{f}, \qquad (f < f_0),$$

$\Phi_0(\eta)$ et $\Phi_1(\eta)$ sont deux fonctions, pouvant être calculées sous la forme de développements dont les coefficients sont des fonctions de Bessel d'ordre entier et ayant pour expression générale

$$\Phi_0(\eta) = \int_0^{\operatorname{Log}\sqrt{\frac{1+\eta}{\eta-1}}} e^{\omega \operatorname{ch}\theta}\, d\theta, \qquad \Phi_1(\eta) = \int_0^{\operatorname{Log}\sqrt{\frac{1+\eta}{\eta-1}}} e^{\omega \operatorname{ch}\theta} \operatorname{ch} 2\theta\, d\theta.$$

Dans le cas où la couche est traversée

$$\delta_2 = \frac{\nu_g}{4c\eta}\xi_m[(\eta^2+1)\psi_0(\eta) - (1-\eta^2)\psi_1(\eta)],$$

$$\eta = \frac{f_0}{f}, \qquad \text{avec} \quad f > f_0$$

$\psi_0(\eta)$ et $\psi_1(\eta)$ sont définies par

$$\psi_0(\eta) = \int_{\operatorname{Log}\sqrt{\frac{1-\eta}{1+\eta}}}^{\operatorname{Log}\sqrt{\frac{1+\eta}{1-\eta}}} e^{-\varpi \operatorname{sh}\varphi}\, d\varphi, \qquad \psi_1(\eta) = \int_{\operatorname{Log}\sqrt{\frac{1-\eta}{1+\eta}}}^{\operatorname{Log}\sqrt{\frac{1+\eta}{1-\eta}}} e^{-\varpi \operatorname{sh}\varphi} \operatorname{ch} 2\varphi\, d\varphi \qquad (\varpi = i\omega).$$

3. Ces formules ont été établies en vue d'étudier l'absorption par la couche E, absorption que l'on ne peut négliger dans le cas où l'on travaille au voisinage de la fréquence critique ([4]).

Dans le calcul complet d'absorption, la couche D est assimilée à une région de Chapman ou d'Epstein.

OPTIQUE. — *Méthode nouvelle de détermination des constantes optiques et des épaisseurs des couches minces absorbantes*. Note (*) de M. **Florin Abelès**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le principe de la méthode est basé, en partie du moins, sur le théorème suivant :

Les facteurs de réflexion côté air et côté support d'une couche mince absorbante

---

([4]) Pour l'étude générale du cas où $f = f_0$, *voir* K. Rawer, *Ann. d. Physik*, 35, 1939, p. 385-416.

(*) Séance du 7 novembre 1949.

sont égaux lorsque l'onde plane incidente est polarisée dans un plan perpendiculaire au plan d'incidence (le champ électrique est parallèle à ce dernier) et lorsque l'angle d'incidence est l'angle de Brewster relatif à l'intersurface air-support.

Ce théorème peut être étendu aux milieux stratifiés, qui présentent un plan de symétrie. Ceux-ci peuvent présenter d'ailleurs une perméabilité magnétique ainsi que les milieux extrêmes supposés homogènes. Dans ces conditions, l'égalité des impédances de ces milieux suffit à assurer l'égalité des facteurs de réflexion relatifs à des ondes planes linéairement polarisées.

Notations. — Soient n_0, n_2 et φ_0, φ_2 les indices de réfraction et les angles d'incidence dans les milieux extrêmes. La couche mince sera caractérisée par son indice de réfraction complexe $n = \nu - i\varkappa$ et par son épaisseur d. On définira deux autres quantités p et $q = up$ par les équations

$$(1) \qquad p^2 - q^2 = \nu^2 - \varkappa^2 - n_0^2 \sin^2\varphi_0, \qquad pq = \nu\varkappa.$$

Posons encore $\gamma = 4\pi(q\,d/\lambda)$, $\delta = 4\pi(pd/\lambda)$ et désignons par $r = \rho\,e^{i\theta}$ le coefficient de réflexion relatif aux intersurfaces et par R et T les facteurs de réflexion et de transmission de la couche mince. Les indices $\|$ et $\perp$ se rapportent à des ondes dont le champ électrique est dans le plan d'incidence ou normal à celui-ci.

Avec ces notations, on a, pour une onde arrivant sous incidence brewstérienne relative aux deux milieux n_0 et n_2 $[\mathrm{tg}\,\varphi_0 = (n_2/n_0)]$ les relations suivantes :

$$R_{\|} = \rho_{\|}^2 \frac{e^{2\gamma} + 1 - 2e^{\gamma}\cos\delta}{e^{2\gamma} + \rho_{\|}^4 - 2\rho_{\|}^2 e^{\gamma}\cos(\delta - 2\theta)}, \qquad T_{\|} = \frac{|1 - r_{\|}^2|^2 e^{\gamma}}{e^{2\gamma} + \rho_{\|}^4 - 2\rho_{\|}^2 e^{\gamma}\cos(\delta - 2\theta)},$$

d'où

$$\frac{R_{\|}}{T_{\|}} = K(\mathrm{ch}\,\gamma - \cos\delta) \qquad \text{avec} \quad K = \left|\frac{r_{\|}}{1 - r_{\|}^2}\right|^2,$$

K est une quantité indépendante de l'épaisseur de la couche.

D'où le principe de la méthode. On détermine la valeur du rapport $R_{\|}/T_{\|}$ pour trois couches de la même substance dont les épaisseurs sont entres elles comme les nombres 1, 2 et 4. Désignons par N_1, N_2 et N_4 les valeurs de $R_{\|}/T_{\|}$ correspondantes. On a

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\mathrm{ch}\,\gamma - \cos\delta}{\mathrm{ch}\,2\gamma - \cos 2\delta}, \qquad \frac{N_2}{N_4} = \frac{\mathrm{ch}\,2\gamma - \cos 2\delta}{\mathrm{ch}\,4\gamma - \cos 4\delta},$$

relations qui permettent de déterminer les valeurs de γ et δ.

Nous connaîtrons ainsi γ et δ, c'est-à-dire les produits $p\,d$ et $q\,d = pu\,d$.

La façon la plus commode pour obtenir une troisième équation est, me semble-t-il, de déterminer le rapport $R_{\perp}/T_{\perp}$ des facteurs de réflexion et de transmission, toujours sous l'incidence φ_0 telle que $\mathrm{tg}\,\varphi_0 = n_2/n_0$, mais pour l'onde polarisée dans le plan d'incidence et pour la couche d'épaisseur la plus faible. Connaissant $R_{\perp}/P_{\perp}$, on déterminera p, par exemple, en résolvant

l'équation du quatrième degré suivante :

$$\begin{aligned}(\mathrm{ch}\gamma-\cos\delta)(1+u^2)^2p^4&+2(n_2\cos\varphi_2-n_0\cos\varphi_0)(1+u^2)(\mathrm{sh}\gamma+u\sin\delta)p^3\\&+\Big\{(n_0^2\cos^2\varphi_0+n_2^2\cos^2\varphi_2)(\mathrm{ch}\gamma+\cos\delta)(1+u^2)\\&\quad-4n_0n_2\cos\varphi_0\cos\varphi_2\left[\mathrm{ch}\gamma+u^2\cos\delta+2(1+u^2)\frac{R_\perp}{T_\perp}\right]\Big\}p^2\\&+2n_0n_2\cos\varphi_0\cos\varphi_2(n_0\cos\varphi_0-n_2\cos\varphi_2)(\mathrm{sh}\gamma-u\sin\delta)p\\&+n_0^2n_2^2\cos^2\varphi_0\cos^2\varphi_2(\mathrm{ch}\gamma-\cos\delta)=0.\end{aligned}$$

Connaissant p et q, on déterminera ν et $\varkappa$ en résolvant le système (1). On a

$$2\nu^2=-\quad p^2-q^2+2n_0^2\sin^2\varphi_0\quad+\sqrt{(p^2-q^2+n_0^2\sin^2\varphi_0)^2+4p^2q^2},$$
$$2\varkappa^2=-[p^2-q^2+2n_0^2\sin^2\varphi_0]+\sqrt{(p^2-q^2+n_0^2\sin^2\varphi_0)^2+4p^2q^2}.$$

On pourra réaliser des couches minces dont les épaisseurs sont dans le rapport voulu en utilisant, par exemple, un disque de Talbot pour réduire l'épaisseur des diverses plages pendant la projection, ainsi que l'a déjà fait M. P. Cotton. Notre procédé suppose que les constantes du métal ne varient pas avec l'épaisseur de la couche. Il en est probablement ainsi pour les couches d'épaisseur supérieure à une dizaine de millimicrons. Dans ces conditions, la couche la plus épaisse aura un facteur de transmission très faible, mais qui sera néanmoins mesurable pour la plupart des métaux. A titre d'exemple, pour un corps ayant les constantes de l'argent massif ($\nu=0,17$; $\varkappa=3,34$) et pour une épaisseur $d=59^{m\mu}$($\lambda=590^{m\mu}$), on aura, dans notre cas, $T_\perp=0,005$, $T_\parallel=0,035$, en supposant que $n_0=1$, $n_2=1,54$. Ce sont des quantités mesurables.

OPTIQUE. — *Étude de la section du solide de diffraction en présence de faibles aberrations du troisième ordre.* Note de MM. **André Maréchal** et **Guy Pieuchard**, présentée par M. Jean Cabannes.

D'après le théorème d'André, le contraste des images fournies par les instruments d'optique est proportionnel à l'éclairement obtenu au centre de la tache de diffraction si l'objet est ponctuel, à la surface de la section du solide de diffraction si l'objet est une ligne.

L'utilisation d'une relation théorique indiquée par M. Duffieux [1] permet de trouver la variation de section du solide de diffraction en effectuant les mêmes approximations que dans le cas du maximum central. En reprenant les notations de M. Duffieux nous avons

$$F(x,y)=e^{i\psi},\qquad \psi=\frac{2\pi\Delta}{\lambda};$$

Δ est la fonction représentant l'aberration.

---

[1] M. Duffieux et G. Lansraux, *Revue d'Optique*, 24, 1945, p. 65.

Soit a le rayon de la pupille; en effectuant un développement limité de $F(x, y)$ jusqu'au troisième ordre, on trouve

$$f(x)=\int_{-\sqrt{a^2-x^2}}^{+\sqrt{a^2-x^2}}\left[1+i\frac{2\pi\Delta}{\lambda}-\frac{1}{2}\left(\frac{2\pi\Delta}{\lambda}\right)^2\right]dy.$$

On en déduit

$$\text{(I)}\quad E=\int_{-\infty}^{+\infty}|\gamma(u)|^2\,du=\int_{-a}^{+a}\left[4(a^2-x^2)+\frac{4\pi^2}{\lambda^2}\left(\int_{-\sqrt{a^2-x^2}}^{+\sqrt{a^2-x^2}}\Delta\,dy\right)^2 - \frac{8\pi^2}{\lambda^2}\sqrt{a^2-x^2}\int_{-\sqrt{a^2-x^2}}^{+\sqrt{a^2-x^2}}\Delta^2\,dy\right]dx.$$

On peut mettre Δ sous la forme

$$\Delta=D(x^2+y^2)+S(x^2+y^2)^2 + C(x^2+y^2-k)(x\cos\varphi_0+y\sin\varphi_0)+A[(x^2-y^2)\cos 2\psi_0+2xy\sin 2\psi_0],$$

D, S, C et A représentant les valeurs maxima du défaut de mise au point, de l'aberration sphérique, de la coma et de l'astigmatisme; k caractérise le basculement de la sphère de référence par rapport à la sphère paraxiale, φ_0 la direction de la coma par rapport à Ox, ψ_0 l'angle de l'une des focales avec Ox.

On a

$$\text{(II)}\quad E=\frac{16}{3}a^3-\frac{4\pi^2}{\lambda^2}a^3 \times [0{,}3251\,D^2+0{,}3396\,S^2+2\times 0{,}3199\,SD + (0{,}0361\cos^2\varphi_0+0{,}6916\sin^2\varphi_0 + 1{,}4222\,k^2\sin^2\varphi_0-2\times 0{,}934\,k\sin^2\varphi_0)\,C^2 + 0{,}3251\cos^2 2\psi_0+2{,}9460\sin^2 2\psi_0)\,A^2 - 2\times 0{,}3251\,DA\cos 2\psi_0-2\times 3320\,SA\cos 2\psi_0].$$

On remarque que la variation de la section (proportionnelle à la baisse d'éclairement au centre de l'image d'une ligne) due à la coma ne dépend pas de la présence des autres aberrations.

Si l'on s'impose : $dE/E \leqq 0{,}10$ par exemple, les diverses aberrations tolérables peuvent être évaluées comme suit :

a. Défaut de mise au point : L'application de l'équation (II) donne

$$\frac{dE}{E}\leqq 0{,}10,\qquad D\leqq 0{,}2\lambda.$$

b. Aberration sphérique :

$$\frac{dE}{E}\leqq 0{,}10,\qquad S\leqq 0{,}2\lambda.$$

Si un défaut de mise au point est superposé à l'aberration sphérique, le meilleur foyer se trouve sensiblement au milieu de la focale; ce résultat est comparable à celui obtenu dans l'étude de l'image d'un point ([2]).

([2]) A. MARÉCHAL, *Thèse*, Paris, 1948.

c. Coma : La position du meilleur foyer est indépendante de φ_0 : on trouve $k=(2/3)$, résultat identique à celui obtenu pour un point ([2]).

d. Astigmatisme : La baisse d'éclairement en présence d'astigmatisme et de défaut de mise au point se met sous la forme

$$dE = \frac{4\pi^2}{\lambda^2}[0,3251\,(D - A\cos 2\psi_0)^2 + 2,9460\,A\sin 2\psi_0],$$

si $\psi_0 = 0$ et $D = A$ l'éclairement est le même que dans le cas d'un instrument parfait; ce résultat confirme un fait d'expérience.

Dans tous les cas, la variation de la section du solide de diffraction, c'est-à-dire de l'éclairement au centre de l'image d'un fil, est inférieure à la variation du maximum central dans le cas de l'image d'un point.

OPTIQUE. — *Emploi de l'étalon interférentiel de Fabry et Pérot pour l'étalonnage en longueur d'onde des monochromateurs.* Note (*) de M. **François Desvignes**, présentée par M. Albert Pérard.

Introduction. — Pour l'étalonnage en longueurs d'onde des monochromateurs à prismes, les raies d'émission sont les phénomènes qui permettent le repérage le plus précis avec des instruments à faible pouvoir séparateur. Par l'intensité et la répartition des raies de son spectre, l'arc à mercure est la source la plus intéressante dans l'ultraviolet, le visible et l'infrarouge. Le petit nombre de raies dans ce dernier domaine nous a conduit à chercher une méthode physique pour interpoler et extrapoler les résultats obtenus avec cette source; nous avons utilisé le spectre cannelé transmis par un étalon interférentiel de Pérot et Fabry.

Conditions d'emploi. — Si n est l'indice de réfraction du milieu séparant deux surfaces semi-métallisées distantes de e, la courbe de transparence spectrale de cet ensemble traversée normalement par la lumière, présente des maxima aigus pour les longueurs d'onde

$$\lambda_j = \frac{2ne}{j}, \qquad (1)$$

telles que l'ordre d'interférence j soit un nombre entier.

Si r et t sont les facteurs de réflexion et de transmission des surfaces :

1° Le facteur de transmission maximum du filtre est

$$T_M = \left(\frac{t}{1-r}\right)^2.$$

2° Le rapport $\delta\lambda/\Delta\lambda$ de la largeur de bande $\delta\lambda$ (définie par le domaine où le

(*) Séance du 2 novembre 1949.

facteur de transmission T de l'étalon est supérieur à $T_M/2$) à l'intervalle $\Delta\lambda$ séparant deux cannelures est

$$\frac{\delta\lambda}{\Delta\lambda} \simeq \frac{1-r}{2\pi\sqrt{r}}.$$

3° l'erreur de longueur d'onde ε commise lorsqu'on observe le maximum de réponse R_λ du récepteur au lieu du maximum de transparence T_λ du filtre, est

$$\frac{\varepsilon}{\Delta\lambda} \simeq \frac{\Delta\lambda(1-r)^2}{16\pi^2 r} \operatorname{Log}_e \frac{R_{\lambda+\Delta\lambda}}{R_\lambda}.$$

Ceci montre qu'on a tout intérêt à choisir :

1° une lame d'air, puisque les longueurs d'onde sont généralement considérées dans ce milieu (conventionnellement $n=1$);

2° e assez grand pour que les cannelures soient nombreuses et que $\delta\lambda$ et ε soient petits sans que T_M soit trop faible.

La table ci-dessous représente un cas pratique, valable grosso modo pour des couches d'argent dans le spectre visible.

$$r=0,7; \qquad t=0,15; \qquad \frac{\delta\lambda}{\Delta\lambda}=5,7.10^{-2},$$

$\frac{R_{\lambda+\Delta\lambda}}{R_\lambda}$	2,7	7,4	20	54
$\frac{\varepsilon}{\Delta\lambda}$	$0,85.10^{-3}$	$1,7.10^{-3}$	$2,5.10^{-3}$	$3,4.10^{-3}$

Mode opératoire. — 1° On étalonne sommairement le monochromateur avec une source à spectre de raies (arc à mercure).

2° Sur l'échelle des longueurs d'onde, on repère la position de tous les maxima de réponse du récepteur lorsque le monochromateur est éclairé par une source à spectre continu avec interposition d'un étalon interférentiel.

3° Au moyen de la relation (1) des longueurs d'onde λ_a et λ_b de deux cannelures voisines elles-mêmes de deux raies distantes et bien déterminées, et de la différence $a-b$ de leurs ordres d'interférence a et b, on calcule l'épaisseur e de l'étalon interférentiel et les ordres a et b.

4° On calcule la longueur d'onde correspondant à chaque cannelure d'ordre j au moyen de la relation (1) et de l'épaisseur e déterminée au paragraphe 3.

Résultats expérimentaux. — Avec une lame d'air d'épaisseur $18^\mu,2$, nous avons précisé jusqu'à $\lambda=2^\mu$ l'étalonnage d'un monochromateur à prismes de flint.

Les propriétés de l'étalon correspondaient à peu près au cas de la table I. Le rapport des réponses des récepteurs n'ayant jamais sorti des limites

$$\frac{1}{3} < \frac{R_{\lambda+\Delta\lambda}}{R_\lambda} < 3,$$

les erreurs envisagées au paragraphe 3 des conditions d'emploi étaient négligeables.

Les résultats de l'étalonnage précédent (longueurs d'onde utilisées pour la détermination de e : 546 et $1014^{m\mu}$) sont en parfait accord aux incertitudes expérimentales près, soit $\pm 1^{m\mu}$ dans le domaine de $0^{\mu},6$ à 2^{μ}, avec les valeurs admises pour les autres raies du mercure et du potassium.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'absorption de l'acide fluorhydrique gazeux dans l'ultraviolet lointain.* Note de MM. **Ebrahim Safary** et **Jacques Romand**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'absorption ultraviolette de l'acide fluorhydrique gazeux n'a été que peu étudiée jusqu'ici, en raison de la grande activité chimique de ce corps et du petit nombre de matériaux optiques capables de lui résister. Nous avons employé le corindon, qui reste inattaqué et dont les échantillons d'origine américaine sont assez transparents (¹) pour faire des fenêtres ($1^{mm},5$) permettant d'étudier l'absorption jusqu'à 1520 Å environ.

Les mesures ont été faites par spectrophotométrie photographique au moyen d'un appareil déjà décrit (²); les cuves utilisées avaient pour longueur 5, 50 et 500^{mm}. L'acide a été préparé par décomposition du bifluorure de potassium (lui-même purifié par cristallisation) sous l'action de la chaleur. Un produit commercial anhydre (d'origine américaine) s'est révélé moins transparent que l'acide que nous préparions et nous l'avons abandonné. Nous avons pris toutes les précautions nécessaires pour éviter les impuretés; en particulier l'acide a été redistillé à chaque plaque en contrôlant spectrographiquement sa pureté. Les résultats obtenus peuvent être résumés comme suit :

A. Nous n'avons observé les bandes signalées par Kohei Siga et Plumley (³) de 3200 à 2400 Å (avec maximum à 2.800 Å) que sur un acide mal purifié. Elles ont disparu à la suite d'une distillation plus soignée. Nous concluons donc qu'elles sont dues à une impureté. D'autre part, sous une longueur de 50^{cm} et à la pression de 600^{mm} Hg, l'acide est transparent dans l'ensemble du spectre en dehors des deux régions d'absorption B et C.

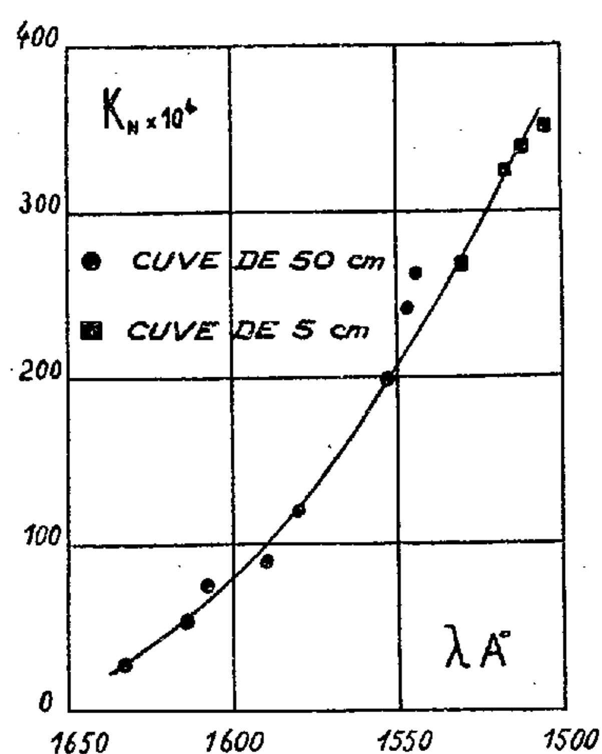
B. La première, située dans le domaine des courtes longueurs d'onde, débute à 1650 Å environ. La figure ci-jointe représente le coefficient d'absorption normal $K_N = (1/x)\log_{10}(I_0/I)(760/H)(1+\alpha t)$ où x est en centimètres, en fonction de λ. La concordance des résultats obtenus avec les deux cuves de 50^{cm} et 5^{cm}, compte tenu de la mauvaise précision due à la petitesse des

(¹) A. Gilles, R. Bauplé, J. Romand et B. Vodar, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 876.

(²) J. Romand, *Thèse*, Paris, 1948; *Ann. Phys.* (en cours d'impression).

(³) Kohei Siga et H. J. Plumley, *Phys. Rev.*, 48, 1935, p. 105.

densités optiques mesurées (toujours inférieures à 0,25 et souvent à 0,10) montre que cette bande ne présente probablement pas de structure discontinue non résolue par le spectrographe [*voir* le cas de NO ([4])]. Nous n'en possédons qu'une très petite partie ($2,7.10^{-3} < K_N < 35.10^{-3}$) et la longueur d'onde du maximum est certainement beaucoup plus courte. Des purifications répétées



Courbe d'absorption de l'acide fluorhydrique gazeux.

n'ayant pas amené de modifications dans son aspect nous concluons qu'elle appartient bien au spectre de l'acide fluorhydrique. Il semble qu'on puisse la considérer soit comme la bande continue A due à la molécule FH [analogue à celle des autres hydracides ([2])], soit comme une bande semblable mais perturbée par l'association, soit comme une combinaison des deux. Nous essaierons de préciser ce point ultérieurement.

C. La deuxième région d'absorption correspond au système de bandes déjà signalé par Kohei Siga et Plumley, et dont le maximum est vers 2050 Å. Ces bandes sont très faibles, le coefficient d'absorption maximum étant inférieur à 3.10^{-3}. Les dimensions de notre appareil interdisant l'utilisation d'une cuve dont la longueur dépasse 50^{cm}, les densités optiques sont très petites et les mesures d'intensité sur ces bandes manquent de précision. Néanmoins, contrairement à ce que nous avons vu plus haut, le coefficient varie nettement avec la longueur de la cuve et nous pouvons en déduire que ces bandes possèdent probablement une structure de rotation non résolue par le spectrographe. De plus elles présentent un effet de température très net. Le passage de 20 à 30° C diminue déjà leur intensité de façon sensible, et dans une expérience faite sur

---

([4]) J. Mayence, J. Romand et B. Vodar, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1799-801.

([5]) J.-H. Simons, *Chem., Rev.*, 8, 1931, p. 213.

([6]) H.-A. Benesi et C. P. Smyth, *J. of Chem. Phys.*, 15, 1947, p. 337.

un montage ordinaire pour l'ultraviolet moyen, le chauffage à 75° a fait disparaître complètement les bandes observées dans ce cas (jusqu'à 2000 Å). Ces bandes appartiennent donc très probablement au spectre de la molécule associée, leur disparition avec l'élévation de la température étant en concordance avec les travaux antérieurs sur l'association de l'acide fluorhydrique ([5]), ([6]). Nous avons pu en repérer une trentaine entre 1825 et 2168 Å, qui peuvent être réparties en trois systèmes. Dans chacun d'eux l'écart entre les bandes est de 376 cm^{-1} environ (valeur déjà trouvée par Kohei Siga et Plumley) et ne varie pas sensiblement d'une extrémité à l'autre. Les écarts entre systèmes sont de 38 et 140 cm^{-1}. Une interprétation ultérieure de ces bandes nous permettra de préciser leur origine.

Nous nous proposons de compléter prochainement cette étude par celle de l'acide fluorhydrique liquide.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Un phénomène de focalisation dans l'application de la méthode de la trochoïde aux spectres β continus.* Note (*) de M. **Joseph Lafoucrière**, présentée par M. Louis de Broglie.

Lorsqu'une préparation ponctuelle, placée dans le plan équatorial de l'entrefer d'un électro-aimant, à la distance r_0 du centre des pièces polaires, dans un champ inhomogène à symétrie de révolution, émet des particules chargées, nous avons signalé l'apparition d'un phénomène de focalisation multiple sur le cercle de rayon r_0 ([1]).

Nous pouvons préciser cette propriété en construisant les enveloppes des trajectoires des corpuscules d'énergie donnée correspondant à tous les angles d'émission de $-\pi$ à $+\pi$. Elles se décomposent en une infinité de systèmes (un par boucle) présentant chacun deux branches. Chaque système admet deux points de rebroussement aux foyers correspondant à $\alpha = 0$ et $\alpha = \pi$ (*fig.* 1).

Cette propriété ne dépendant pas de l'énergie du corpuscule, le cercle $r = r_0$ nous apparaîtra comme le lieu de tous ces points singuliers lorsque va varier le produit ρH.

Si l'on place un film photographique radial et perpendiculaire au plan équatorial, à une distance φ_0 de la source, on peut définir l'intensité du rayonnement en un point comme le rapport du nombre de corpuscules incidents à l'élément de droite dr, ce qui se traduit par l'expression

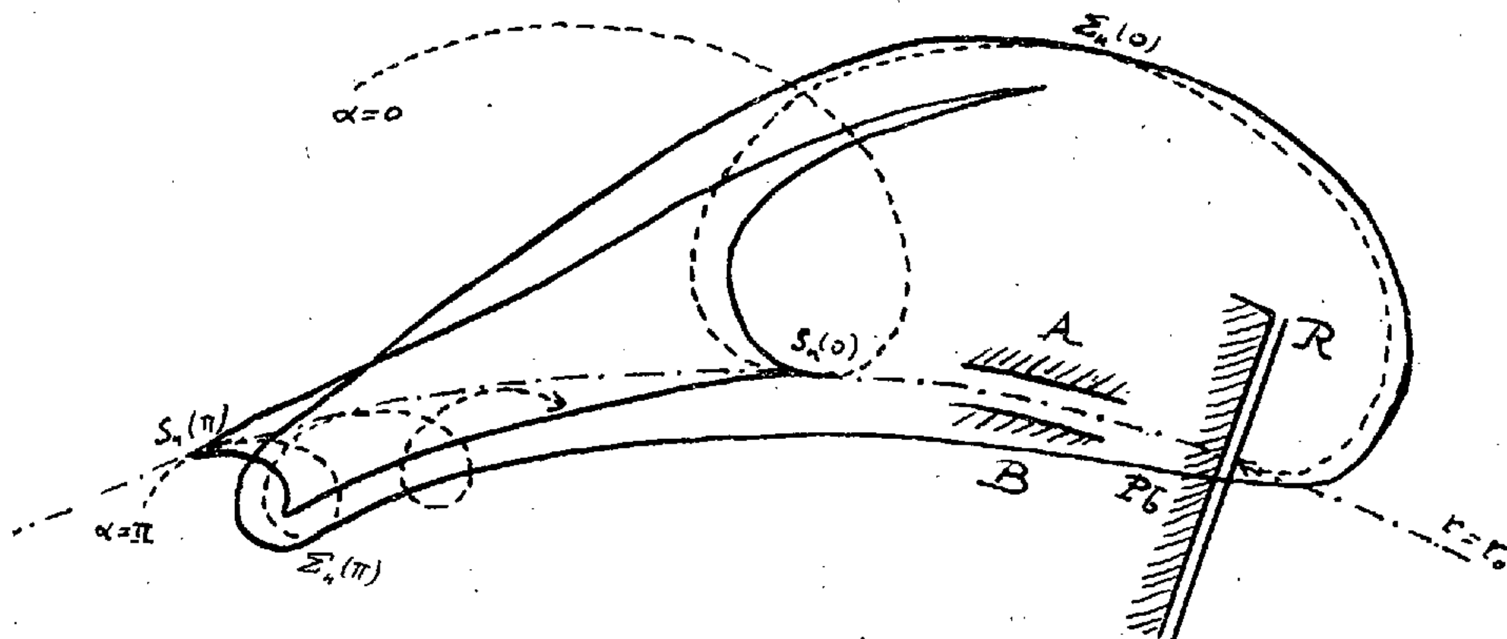
$$I(r) = \int_0^{\rho H_\beta} \frac{\mathcal{N}}{2\pi} N(\rho H)\, d\rho H \frac{d\alpha}{dr},$$

où $\mathcal{N}$ représente le nombre d'atomes émis par la source, et $N(\rho H)$ la fonction

(*) Séance du 2 novembre 1949.

([1]) J. Lafoucrière, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 823.

de répartition des produits ρH du spectre. Cette fonction I devenant infinie pour $r = r_0$, il va se produire une concentration du rayonnement sur ce cercle lorsque la source émettra des particules dont les énergies s'étalent de zéro à une limite supérieure (spectre β).



Puisque cette concentration est due aux corpuscules issus tangentiellement de S et correspondant à $\alpha = 0$ d'une part, et à $\alpha = \pi$ d'autre part, deux phénomènes de focalisation peuvent se mettre séparément en évidence :

1° Une concentration *directe* constituée par les rayons émis sous l'angle $\alpha = \pi$ (sens de propagation des enroulements). Une telle concentration est détectable sur un film radial. Elle subsistera si l'on place au-dessus de la source un écran opaque A, alors qu'elle disparaîtra avec un écran inférieur.

2° Une concentration *rétrograde* correspondant à la focalisation des corpuscules émis sous l'angle $\alpha = 0$ (tir en sens inverse de la propagation des enroulements). Cette raie sera visible sur un film R disposé comme l'indique la figure 1. Dans ce cas un écran inférieur B la laissera subsister, alors qu'elle sera supprimée en disposant un masque au-dessus de la source.

Pour une position donnée φ_0 du film enregistreur, la concentration est constituée par des corpuscules d'énergie déterminée : ce sont les radiations dont les produits ρH vérifient l'équation $\varphi_0 = n.\delta(\pi, \rho H)$ (en se bornant à l'effet *direct*), c'est-à-dire les particules qui viennent passer au point (r_0, φ_0) après avoir effectué n boucles [la fonction $\delta(\pi, \rho H)$ représentant la précession]. Toutes les solutions de cette équation, correspondant aux valeurs entières successives de n, déterminent donc autant de raies élémentaires, dont la concentration sur le cercle r_0 représente la somme.

Il est évident que si le produit ρH varie de zéro à la limite supérieure du spectre ρH_β, cette équation admet toujours une infinité de solutions. Ceci étant vérifié quel que soit φ_0, la raie est permanente sur tout le pourtour du cercle r_0. En fait comme il existe toujours des écrans matériels, ne serait-ce que l'émulsion du film elle-même, les radiations tolérées s'étalent toujours

d'une limite ρH_i différente de zéro à ρH_β, de sorte que l'ordre n est borné supérieurement et que la concentration globale est toujours constituée d'un nombre fini de raies élémentaires. La limite ρH_i croissant, il se peut qu'aucune valeur de n ne permette à l'équation d'admettre des racines : la raie ne sera pas détectable au point considéré. On peut montrer cependant qu'à partir d'une certaine valeur de φ_0, elle est permanente. Elle est donc d'autant plus facile à détecter qu'on s'éloigne de la source.

L'étude expérimentale des spectres β (RaC, RaE, P_{32}, etc.) permet bien de vérifier l'existence de cette raie sur le cercle $r = r_0$, à côté des traces de bandes dans la région $r > r_0$ signalées par J. Thibaud ([2]).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Distribution angulaire des protons de désintégration du bore par les deutons et étude de coïncidence protons-rayons gammas et alpha-rayons gammas dans la désintégration du bore par les deutons.* Note (*) de M. **Jacques Thirion**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Des deutons de 600 keV bombardant une cible de bore ([1]) provoquent l'émission de protons dans la réaction de transmutation $^{10}_{5}B(dp)^{11}_{5}B$. Les protons se répartissent en groupes d'énergie. Ils sont détectés par un compteur proportionnel à fenêtre de mica (2 mg/cm²) et un système amplificateur et discriminateur permet de ne compter que ceux des protons qui arrivent en fin de parcours dans le compteur et y produisent une ionisation suffisante.

La courbe d'absorption (*fig.* 1) est obtenue dans les conditions suivantes : les deutons frappent une cible mince de bore déposé sur de l'or (7 mg/cm²) et les protons sont observés dans la direction des deutons incidents après avoir traversé la feuille d'or puis une feuille de mica (4,2 mg/cm²). La fraction d'angle solide correspondant à la répartition géométrique de l'ensemble est dans ce cas d'environ 1/10 de l'angle solide total.

La courbe d'absorption (*fig.* 2) est obtenue en détectant par la même méthode les protons émis à 90° du faisceau de deutons incidents.

En comparant les deux courbes, on constate :

1° Des différences dues à une répartition géométrique différente dans les deux cas;

2° Des différences d'intensité relative entre les hauteurs des pics correspondant à chaque groupe de protons qui indiquent une asymétrie importante pour le groupe intermédiaire.

([2]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 934; *Revue Scientifique*, 8, juin 1948, p. 455.

(*) Séance du 24 octobre 1949.

([1]) Cockroft et Lewis, *Proc. Roy. Soc.*, 154, 1936, p. 246; Powell, *Proc. Roy. Soc.*, A 181, 1942, p. 344; Pollard et coll., *Phys. Rev.*, 57, 1939, p. 1117.

Étude de coïncidence. — Avec le dispositif utilisé dans le cas de la courbe de la figure 1 et avec une couronne de compteurs entourant la cible, l'étude de coïncidence proton rayon gamma a été faite pour chacun des groupes.

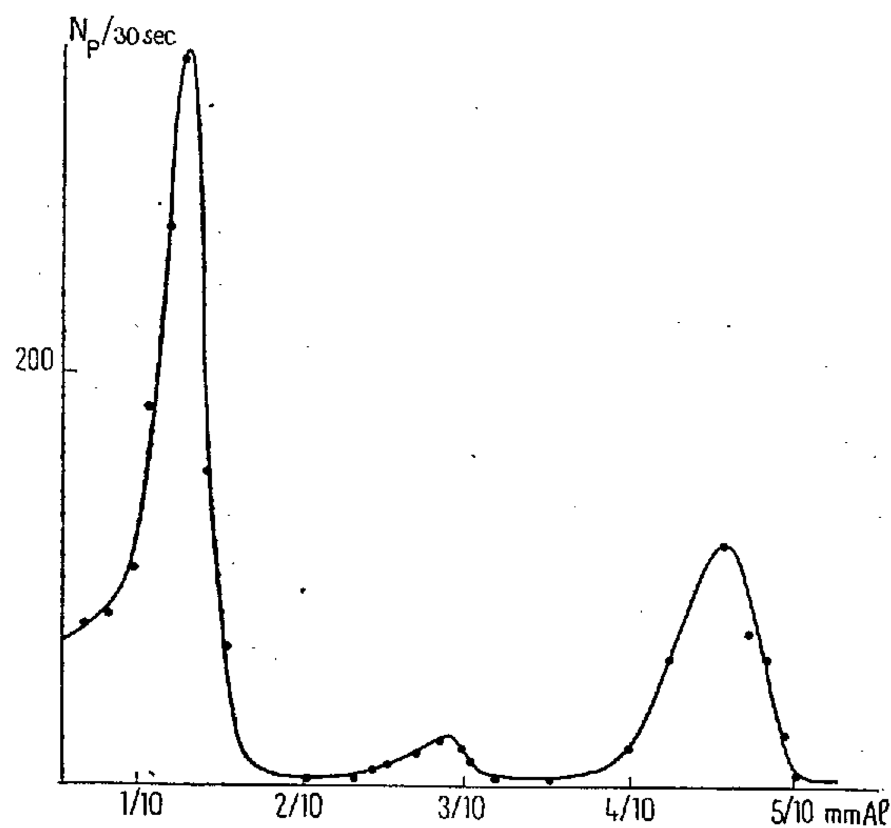


Fig. 1.

La fraction d'angle solide pour la détection des γ est 0,45 fois l'angle solide total. L'appareil électronique sélecteur (pouvoir de résolution $\tau = 3.10^{-7}$ sec) sera décrit ultérieurement.

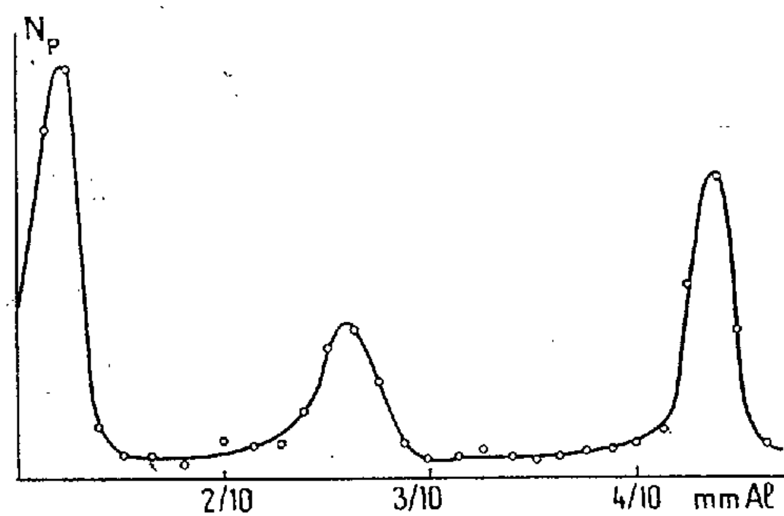


Fig. 2.

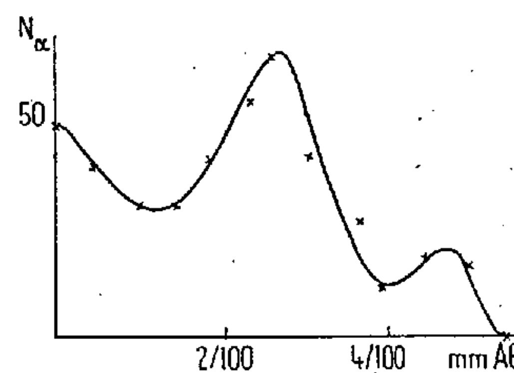


Fig. 3.

Les résultats sont groupés dans le tableau ci-dessous :

Épaisseur en mm. des écrans d'Al. sur le trajet des protons.	Nombre de protons.	Nombre de coïncidences enregistrées.	Nombre de coïncidences vraies.
1/10 + 2,6/100	8700	67	61±9
2/10 + 7,6/100	3600	25	21±5
4/10 + 5/100	2000	0	0

Le groupe de protons de plus grande énergie n'est donc pas associé à une émission γ et correspond bien à la transition au niveau fondamental de $^{11}_{5}$B.

De plus, une courbe d'absorption des particules α de $^{10}_{5}$B$(d\alpha)^{8}_{4}$Be a été obtenue dans les mêmes conditions, mais avec une tension sur le compteur proportionnel telle que les particules α en fin de parcours soient seules comptées. La courbe de la figure 3 est en bon accord avec celles obtenues par d'autres expérimentateurs.

Enfin, l'étude des coïncidences alpha-gamma semble montrer qu'il n'y a pas de coïncidence entre les groupes d'alphas et des gammas.

Si de telles coïncidences existent, seule une proportion de 1/10 du nombre d'alphas pourrait être accompagnée d'émission γ.

Ce résultat est conforme aux schémas de désintégration suivants : $^{10}_{5}$B$(d\alpha)^{8}_{4}$Be et les divers niveaux de $^{8}_{4}$Be se divisant en deux α emportant toute l'énergie disponible.

RADIOACTIVITÉ. — *Structure fine du spectre magnétique alpha du thorium* X. Note (*) de MM. **Salomon Rosenblum**, **Manuel Valadares**, Mlles **Marguerite Perey** et **Jeannine Vial**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans une Note précédente [1] sur le spectre du rayonnement α émis par RTh + ThX nous avons indiqué l'existence d'une structure fine dans le spectre magnétique du ThX considéré jusqu'à maintenant comme monocinétique. Pour préciser les résultats, nous avons répété les expériences mais en employant cette fois des sources de ThX presque exemptes de RTh.

Préparation d'une source de ThX en partant d'une source de RTh. — 1. *Préparation de la source de* RTh. — Le RTh est extrait d'un produit de MTh_1 en équilibre avec ses dérivés. La totalité du RTh_1 correspond à 1 millicurie de RTh. La solution de MTh_1 + dérivés, amenée sous forme de chlorure neutre, est additionnée d'une très faible quantité de chlorure de cérium que l'on précipite par une trace d'ammoniaque en milieu oxygéné. On prélève 1/100 environ de la solution amenée à neutralité et on la met sur un support en or. La surface occupée est environ de 12^{mm} sur 3^{mm}.

2. *Préparation de la source de* ThX. — Le support portant le RTh est traité par $HCl + H_2O_2$ à chaud après 20 jours d'accumulation des descendants, puis lavé soigneusement. Il reste le ThX fixé sur l'or par recul, constituant une source de ThX où le RTh est fortement affaibli (2 à 3 %).

Spectre magnétique α. — D'après nos mesures, le spectre magnétique α du ThX est constitué par trois raies; les rapports des Hρ sont les

---

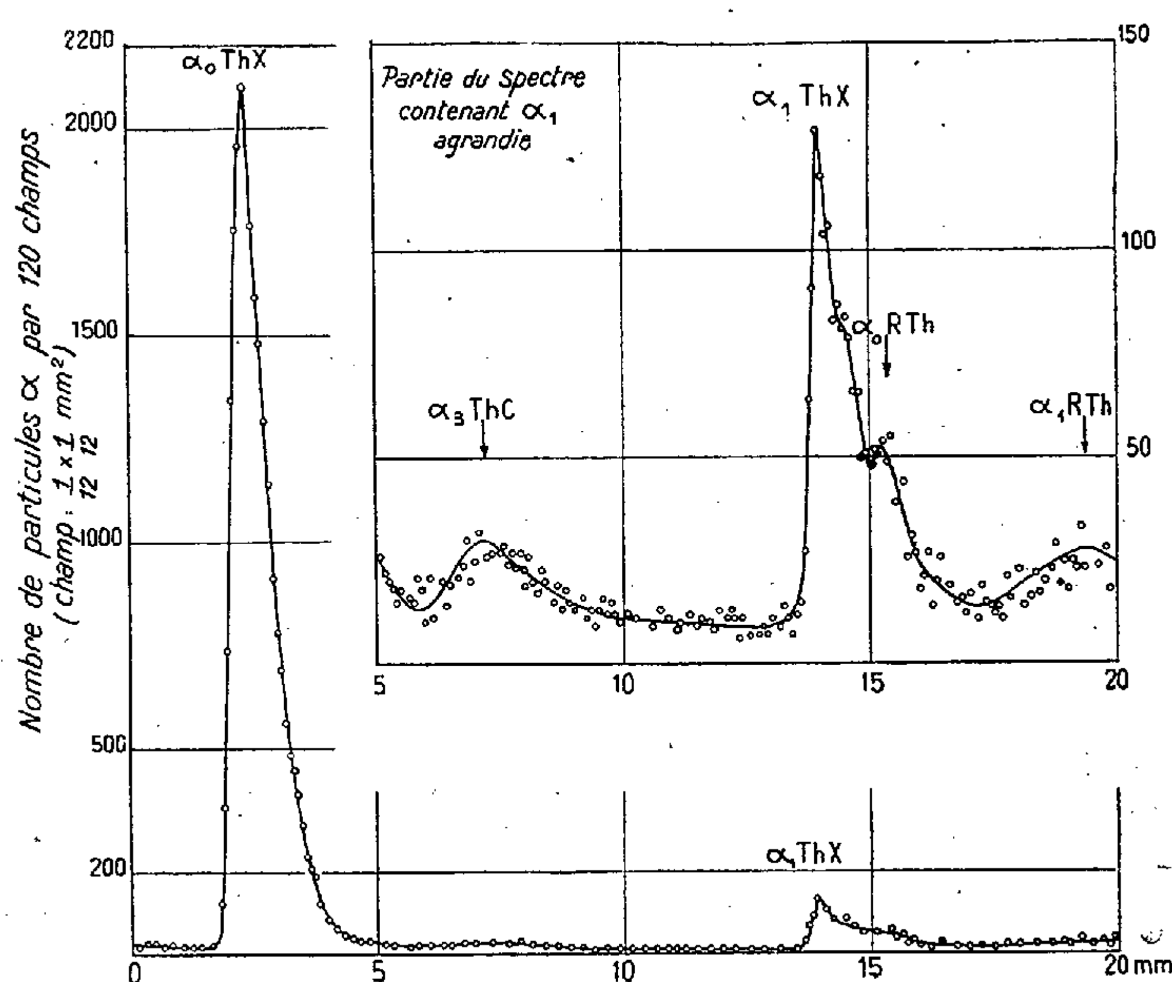
(*) Séance du 7 novembre 1949.

(1) Rosenblum, Valadares et Perey, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 385.

suivants :

$$\frac{H\rho\alpha_0 \,\mathrm{Th\,X}}{H\rho\alpha_1 \,\mathrm{Th\,X}} = 1,0213 \quad \text{et} \quad \frac{H\rho\alpha_0 \,\mathrm{Th\,X}}{H\rho\alpha_2 \,\mathrm{Th\,X}} = 1,0460.$$

En admettant pour l'énergie de la raie α_0 du Th X la valeur donnée par Briggs ([2]) 5681 keV, on trouve pour α_1 5448 keV et pour α_2 5194 keV. On peut remarquer que l'intervalle énergétique $\alpha_0 - \alpha_2$ est sensiblement égal à $2(\alpha_0 - \alpha_1)$. Dans la figure nous reproduisons seulement la partie du spectre



contenant α_0 et α_1 ; la partie contenant α_2, qui d'ailleurs n'est pas gênée par la présence du RTh, a déjà été donnée dans la figure du travail précédent ([1]). Les intensités des raies nouvelles sont, par rapport à la raie principale, respectivement 0,05 et 0,004. La raie α n'étant que deux fois plus forte que le fond, son intensité peut être entachée d'une erreur difficile à évaluer.

Le spectre α émis dans la transmutation Th X — Tn (les spins de ces deux noyaux étant très probablement nuls) fournit un exemple particulièrement simple permettant un contrôle de la formule de Gamow ([3]). Dans le tableau sont présentées les valeurs expérimentales et celles calculées à partir de la formule de Gamow en admettant $j = 0, 1, 2$.

([2]) *Proc. Roy. Soc.*, 238, 1933, p. 638.

([3]) Gamow et Critchfield, *Theory of Atomic Nucleus and Nuclear Energy-sources*, p. 174.

Intensités.

Raies.	Exp.	Calc.	
α_0	100	$j=0$	100
		$j=0$	5,1
α_1	5	$j=1$	4,4
		$j=2$	3,2
		$j=0$	0,16
α_2	0,4	$j=1$	0,14
		$j=2$	0,10

Vu la précision des mesures l'accord est tout à fait satisfaisant pour ($j=0$ ou 1); il est moins bon pour α_2, mais la détermination de l'intensité de α_2 est, comme nous venons de le dire, beaucoup moins précise. On peut conclure que tout au moins dans l'intervalle énergétique de 237 keV (entre la raie α_0 et la raie α_1 de structure fine) la formule de Gamow conduit à des valeurs d'intensité en accord avec l'expérience. Dans le cas du Ra (intervalle énergétique de 188 keV), on a trouvé (4) également un accord satisfaisant entre l'expérience et la théorie.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à une théorie statistique des électrolytes forts en solutions saturées.* Note de M. **Jean Brenet**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les théories des électrolytes forts s'appliquent d'une manière satisfaisante aux solutions diluées. Si nous considérons alors des solutions concentrées et saturées, l'étude expérimentale de leur conductibilité met en évidence des anomalies de conductibilité. En acceptant l'hypothèse classique d'une dissociation complète à toute concentration, il en résulterait qu'à partir d'une certaine concentration, le degré d'ionisation ne subirait plus de variation et l'on pourrait alors concevoir que la conductibilité resterait à peu près constante. Ceci est contraire à l'expérience car cette dernière montre au contraire une décroissance à partir d'un maximum.

Ces remarques faites, nous voulons montrer comment on peut concevoir un développement différent de la théorie classique de Debye-Huckel à partir de quelques hypothèses simples. Pour cela, suivant l'idée de base de Prins et Bernal (1) nous considérons qu'il subsiste dans la solution saturée une sorte de distribution quasi cristalline. Ce fait semble d'ailleurs avoir été mis en évidence

---

(4) Rosenblum, Guillot et Bastin-Scoffier, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 108.

(1) Prins et Petersen, *Physica*, 3, 1933, p. 147; Bernal, *Trans. Farad. Soc.*, 33, 1937, p. 27.

pour des solutions ioniques à concentration élevée, en particulier par des études optiques ([2]) et des forces électromotrices ([3]).

Dans la théorie de Debye-Huckel pour les solutions diluées, on admet que dans un élément de volume $d\tau$ la distribution moyenne des ions positifs et négatifs est une distribution de Maxwell-Boltzmann.

Comme nous considérons ici une solution concentrée ou saturée, le nombre des particules est très élevé et nous admettons que la distribution suit les statistiques quantiques.

Si ε désigne la charge élémentaire, k la constante de Boltzmann, T la température absolue et n le nombre d'ions par centimètre cube, nous aurons

$$n_+ \, d\tau = \frac{n}{e^{\alpha + \frac{\varepsilon V}{kT}} \pm 1} \, d\tau$$

pour les ions positifs, et

$$n_- \, d\tau = \frac{n}{e^{\alpha - \frac{\varepsilon V}{kT}} \pm 1} \, d\tau$$

pour les ions négatifs. Le signe + correspond à une distribution de Fermi et le signe — à une distribution de Bose.

Reprenant alors l'étude du potentiel moyen V autour de chaque ion, nous aurons

$$\Delta V = -\frac{4\pi}{\varepsilon_0} \rho,$$

ε_0 désignant la constante diélectrique du milieu et ρ la densité électrique dans ce milieu,
et l'on obtient aisément

$$\rho = n \varepsilon \, d\tau \left[\frac{1}{e^{\alpha + \frac{\varepsilon V}{kT}} \pm 1} - \frac{1}{e^{\alpha - \frac{\varepsilon V}{kT}} \pm 1} \right].$$

Prenons e^{α} de l'ordre de l'unité, ce qui revient à considérer que le nombre des particules à répartir dans les cellules de l'extension en phase est du même ordre de grandeur que le nombre des cellules. Ceci nous conduit évidemment à envisager le problème de l'interaction entre les particules et nous fait parfaitement concevoir l'écart qui existe entre ces particules libres et un gaz parfait.

Donc par rapport à la théorie des solutions diluées, il s'introduit le terme en

$$\frac{1}{\left(e^{\frac{\varepsilon V}{kT}} \pm 1\right)\left(e^{-\frac{\varepsilon V}{kT}} \pm 1\right)}.$$

([2]) Prins, *Trans. Farad. Soc.*, 33, 1937, p. 110.
([3]) Wielke, *Zeits. Phys. Chem.*, 98, 1921, p. 211.

Admettons alors que, vu l'équilibre statistique de la solution, l'énergie potentielle soit négligeable devant l'énergie d'agitation thermique, ou, ce qui revient au même, que les actions mutuelles soient nulles en moyenne.

Dans ces conditions nous obtenons les équations suivantes :

$$\Delta V = \frac{2\pi n \varepsilon^2}{\varepsilon_0} \frac{V}{kT} \quad \text{(cas de Fermi)},$$

$$\Delta V = -\frac{8\pi n}{\varepsilon_0} \frac{kT}{V} \quad \text{(cas de Bose)}.$$

Au coefficient 2 près, nous retrouvons dans le cas de Fermi, la notion d'épaisseur du nuage d'ion de la théorie de Debye. Cette épaisseur est toutefois 4 fois plus grande que dans le cas des solutions diluées. Ceci tendrait alors à montrer qu'en raison de la concentration, la distance à laquelle la densité électrique se réduit à $1/e$ de sa valeur initiale est 4 fois plus grande dans le cas des solutions saturées que pour les solutions diluées. Ce fait ne paraît pas surprenant à priori, vu la grande densité des charges électriques.

Dans le cas de Bose, au contraire, le terme $(8\pi n/\varepsilon_0)kT$ a les dimensions d'une énergie par unité de volume ou, mieux encore, les dimensions du carré d'un champ électrique.

Ce terme est indépendant de la charge élémentaire contrairement à ce qui se passe dans le cas classique ou dans le cas Fermi. Mais, fait nouveau, ce terme met en évidence l'existence d'un champ électrique.

Ce champ ainsi introduit théoriquement doit être précisément issu de la répartition même des ions dans la solution saturée. Il nous semble d'ailleurs devoir être en rapport avec le champ cristallin des cristanx mis en solution.

Enfin il est possible, à partir des considérations précédentes, d'envisager l'extension à donner à la thermodynamique des électrolytes forts établie jusqu'ici dans le cas des solutions diluées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Anomalies dans les propriétés diélectriques de l'oxyde* UO_2. Note (*) de M. **Jean Day**, M[me] **Marie Freymann** et M. **René Freymann**, présentée par M. Aimé Cotton.

On sait que l'oxyde UO_2 présente, en courant continu, une conductivité qui décroît très rapidement quand la température s'abaisse (¹). Mais à notre connaissance, on n'avait pas examiné jusqu'ici le comportement de ce composé en courant alternatif, en fonction de la fréquence et de la température. Nous nous proposons de montrer ici l'*existence d'une anomalie aux basses températures*, confirmant ainsi les résultats de mesures dilatométriques inédites de l'un de nous (Jean Day).

(*) Séance du 7 novembre 1949.

(¹) Gmelins, *Handbuch*, n° 35; J. Prigent, *J. Phys.*, **8**, 1949, p. 58.

1. *Résultats expérimentaux.* — Nous avons mesuré la constante diélectrique ε' et l'absorption ε'' de UO_2 (sous forme de poudre fine) pour les fréquences 2, 5, 16, 100 et 1000 kc/sec, pour des températures comprises entre + 20 et — 160° C (*fig.* 1 et 2).

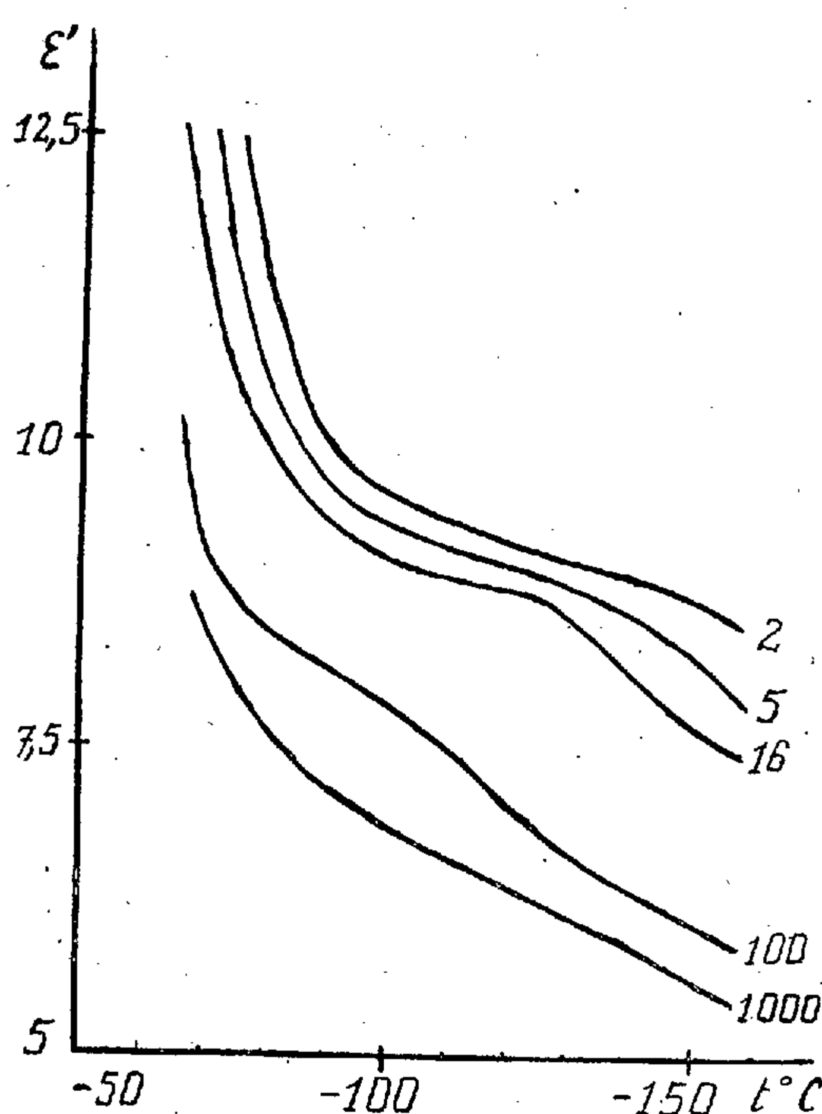


Fig. 1.

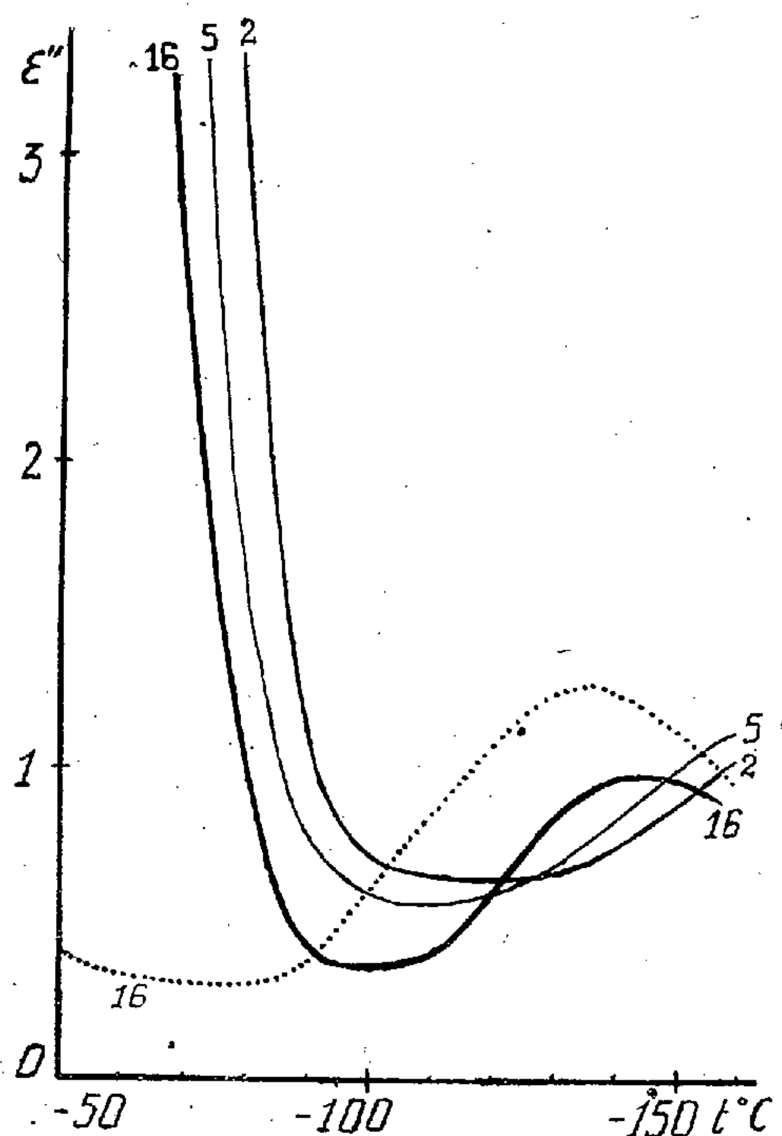


Fig. 2.

Alors que, sur la figure 2, les courbes en traits pleins correspondent à un échantillon de UO_2 assez pur, la courbe en traits pointillés se rapporte à un échantillon impur ($UO_2 + U_3O_8$?) pour la fréquence 16 Kc:s; on voit que le maximum d'absorption se place alors vers — 135° C.

Pour les températures comprises entre + 20 et — 70° C environ, ε et ε' sont très élevés; par ailleurs, pour une température donnée, elles sont d'autant plus faibles que la fréquence est plus grande [nous avons observé cependant, par des expériences qualitatives préliminaires, que l'absorption est encore très élevée, à la température ordinaire, pour la fréquence ultra-hertzienne de 10000 Mc/sec($\lambda = 3^{cm}$)].

Pour une fréquence donnée, quand la température s'abaisse, ε' et ε'' décroissent très rapidement. Mais, *entre* — 100 *et* — 150° C *environ, on observe une anomalie : Inflexion de la courbe* $\varepsilon'(T)$ *et augmentation de l'absorption* ε''. L'allure de la courbe $\varepsilon''(T)$ dépend de la fréquence, aux basses températures : Pour 16 kc/sec on observe un maximum d'absorption vers — 145° C environ; pour 5 et 2 kc/sec le maximum d'absorption est déplacé vers les températures plus basses, au delà de la gamme de températures que nous pouvions utiliser.

2. *Conclusions.* — Il est remarquable que *les courbes correspondant aux températures inférieures à* $-100°$ C *environ présentent l'allure des courbes de Debye* : alors qu'au-dessus de $-100°$ C l'absorption de UO_2 a une origine électronique, au-dessous de $-100°$ C, l'absorption semble liée à l'orientation dipolaire. Il est possible que ceci corresponde à une nouvelle structure cristalline de UO_2 qu'il conviendrait d'examiner aux rayons X; il serait intéressant notamment de rechercher si la distance entre atomes d'oxygène est alors voisine de 2,6 Å, comme c'est le cas des corps présentant la liaison hydrogène et aussi une absorption par oriention dipolaire (glace par exemple).

Remarque — Des recherches effectuées sur l'acétate à $2H_2O$, le nitrate à 2 ou $6H_2O$ ne nous ont pas montré d'anomalie semblable à celles que nous venons de signaler. Il s'agit donc d'un phénomène propre au réseau cristallin de UO_2 et non à l'ion UO_2^{++}. On sait d'autre part (²) que d'autres oxydes, TiO_2 par exemple, présentent des anomalies analogues à celles étudiées ici; nous reviendrons ultérieurement sur cette question.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Action du champ magnétique sur la cristallisation du β-naphtol.* Note (*) de M. **Jean Blandin**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans une Note précédente (¹) j'ai montré qu'il était possible d'obtenir des germes cristallins orientés par le champ magnétique, et que l'examen de ces germes au microscope polarisant, pouvait fournir, dans certains cas, des renseignements utiles aux chimistes, en particulier pour les cristaux mono-et tricliniques présentant le phénomène de la double orientation (²).

Parmi quelques corps organiques étudiés, deux ont retenu mon attention : le β-naphtol et l'acide tartrique droit. L'étude de la cristallisation de l'acide tartrique droit dans le champ magnétique fera l'objet d'une prochaine Note.

Une solution aqueuse sursaturée de β-naphtol, en l'absence de tout champ magnétique, laisse déposer sur une lame de verre des cristaux ayant l'apparence de la figure 1, le cristal monoclinique se présentant sous l'aspect de petites tablettes affectant la forme de losanges.

En faisant cristalliser la même préparation en présence d'un champ magnétique horizontal de 15000 gauss, on obtient la figure 2. Les cristaux ont un

---

(²) Eucken et Buchner, *Zeits. Phys. Chem.*, **27** B, 1934, p. 321.

(*) Séance du 7 novembre 1949.

(¹) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1718. *Voir* A. Cotton, *ibid.*, p. 1775.

(²) G. Roasio (*Zeitschrift für Kristallographie*, **59**, 1928, p. 88) avait remarqué une double orientation pour le sulfate ferreux, le sulfate de cobalt, et le sulfate double de fer et d'ammonium; il n'avait essayé que des corps paramagnétiques sans remarquer que l'on ne pouvait obtenir une double orientation, caractérisée par les paramètres β et γ qu'avec des cristaux mono ou tricliniques, para ou diamagnétiques.

faciès différent de celui de la préparation précédente, puisqu'ils se présentent sous forme de bâtonnets dirigés suivant deux directions symétriques par rapport à celle du champ. Ces deux directions s'éteignent simultanément pour $\beta = 90°$. L'angle que forment entre elles ces deux directions de bâtonnets est $2\gamma = 150°$, la direction du champ magnétique étant bissectrice de l'angle 2γ.

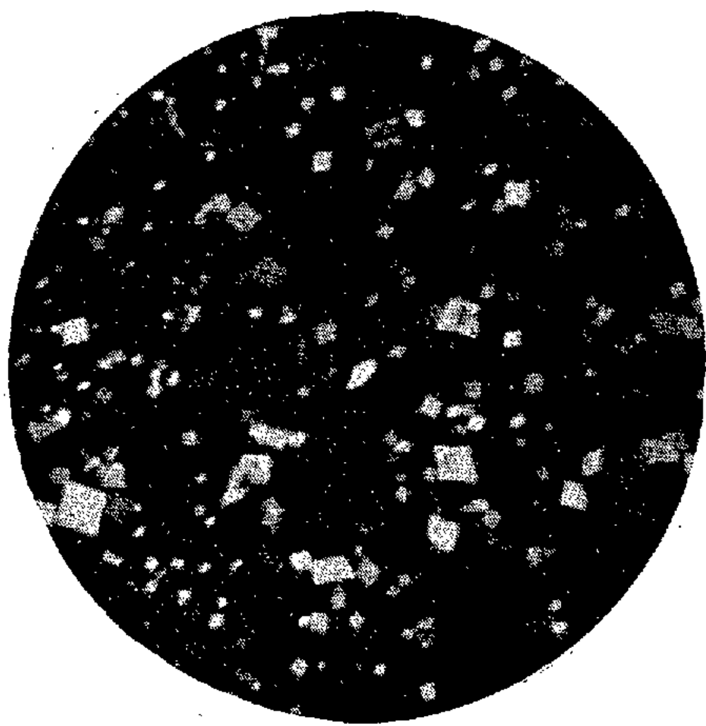


Fig. 1.

β-naphtol cristallisé sans champ magnétique.

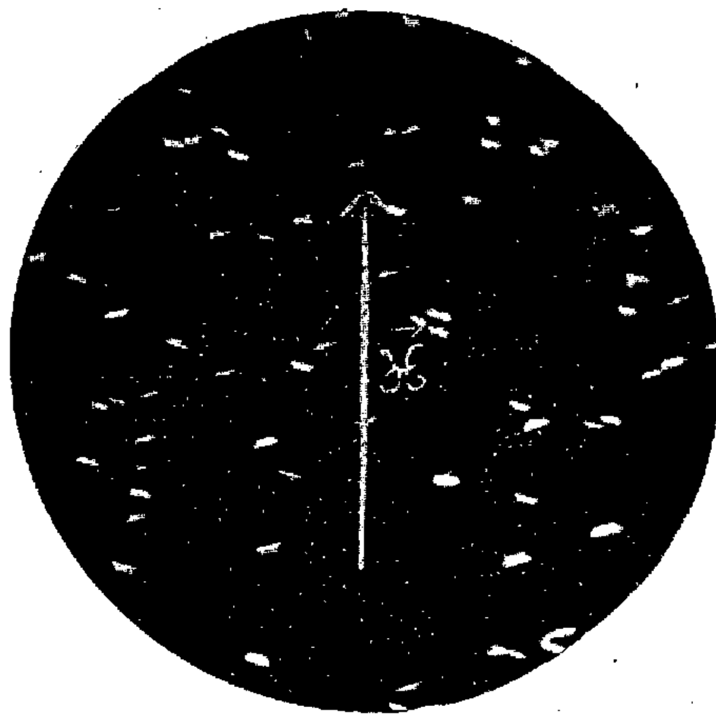


Fig. 2.

β-naphtol cristallisé dans le champ magnétique (indiqué par la flèche).

Ce faciès, qui ne se présente pas d'ordinaire, s'explique par le fait que l'axe de plus grande perméabilité magnétique est situé dans un plan perpendiculaire au faciès losange du cristal, la projection de cet axe sur le plan du faciès faisant un angle $\gamma = 75°$ avec l'axe de susceptibilité magnétique maxima. En réalité, les bâtonnets ne sont pas autre chose qu'une paillette vue par la tranche, comme le montre un examen stéréoscopique. Le champ magnétique a pour action d'appliquer le cristal sur la lame de verre par une face qui, normalement, ne s'y repose pas. L'angle $\gamma = 75°$ est caractéristique du β-naphtol, constituant ainsi une méthode d'analyse qualitative chimique par voie physique.

Le phénomène de la double orientation est donc également possible pour les corps diamagnétiques de la chimie organique.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Rôle joué par les joints des cristaux dans les anomalies de propagation des ultrasons dans les métaux.* Note (*) de MM. **Paul Bastien, Jacques Bleton** et **Emmanuel de Kerversau**, présentée par M. Albert Portevin.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons signalé et étudié les anomalies de transmission et de réflexion se produisant dans les métaux lorsque leur cristal-

(*) Séance du 7 novembre 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 726-728.

lisation dépasse une valeur critique en relation avec la longueur d'onde émise.

Lors d'un sondage par réflexion, ces anomalies se manifestent par l'apparition d'un certain nombre d'échos parasites d'amplitudes variables, très mobiles, quand les palpeurs sont déplacés, même faiblement, à la surface de la pièce et l'écho de fond ne peut être mis en évidence. Elles apparaissent lorsque, dans la constitution micrographique à froid du métal, existe un élément de structure dont la dimension moyenne est égale à, une fois ou a plusieurs fois la demi-longueur d'onde des ultrasons dans le milieu considéré; dans les cas simples étudiés jusqu'ici, cet élément de structure peut être soit le cristal du métal (cuivre, fer) ou de la solution solide (austénite), lorsqu'il s'agit de milieux homogènes, soit l'édifice complexe délimité par l'enveloppe de ferrite proeutectoïde et vestige du grain gamma à chaud dans les aciers ordinaires ou faiblement alliés refroidis lentement.

Nous avons attribué la cause du phénomène à des vibrations individuelles des édifices cristallins, simples ou complexes suivant le cas, qui, du fait de leurs dimensions, sont capables d'entrer en résonance au passage de la vibration ultrasonore incidente et de se comporter ensuite comme des sources élémentaires d'ultrasons.

Nous avons procédé à une étude théorique du mécanisme de production des anomalies, en nous plaçant, pour simplifier, dans le cas des métaux ou des solutions solides homogènes et en adoptant les prémisses suivantes : *a.* la naissance, dans un métal traversé par un train d'ondes ultrasonores de longueur d'onde λ, d'anomalies de réflexion exige, dans la structure, la présence de cristaux ayant des dimensions d'au moins $\lambda/2$; *b.* les anomalies sont dues à la mise en résonance des grains de dimensions convenables, sous l'effet des réflexions ayant lieu lors du passage des ondes d'un grain dans les grains voisins.

Une première idée est de chercher à rattacher ce phénomène aux variations d'impédance acoustique rencontrées lors de ces passages, variations dues à l'anisotropie élastique des cristaux et aux différentes orientations des grains contigus de l'agrégat. Cela conduit à considérer trois milieux contigus d'impédances acoustiques R_1, R_2, R_3 ($R_1 \neq R_2 \neq R_3$) et à rechercher les conditions d'apparition de la résonance (*fig. a*). Dans ces conditions, le calcul montre que la résonance doit se produire pour les grains atteignant une dimension de $\lambda/4$, ce qui n'est pas en accord avec les résultats de l'expérience.

Une deuxième idée est d'attribuer aux joints des grains, l'aspect d'une enveloppe dont les propriétés élastiques sont nettement différentes de celles du métal constituant la masse des cristaux, c'est-à-dire : $R_1 \neq R_3$, R_2 très différent de R_1 et R_3 (*fig. b*). Dans ces conditions, le calcul conduit au résultat que la résonance ne peut avoir lieu que pour les cristaux atteignant une dimension de $\lambda/2$, ce qui concorde avec les résultats de l'expérience.

De plus, nous avons vérifié par le raisonnement et par l'expérimentation directe sur des tôles perforées de systèmes réguliers de trous, que les cristaux de dimensions $\lambda/2$ et $\lambda/4$ doivent avoir le même comportement vis-à-vis des ultrasons de longueur d'onde λ au point de vue des phénomènes de diffraction : l'apparition des anomalies n'est donc pas à rattacher à la diffraction des ondes incidentes dans les cristaux.

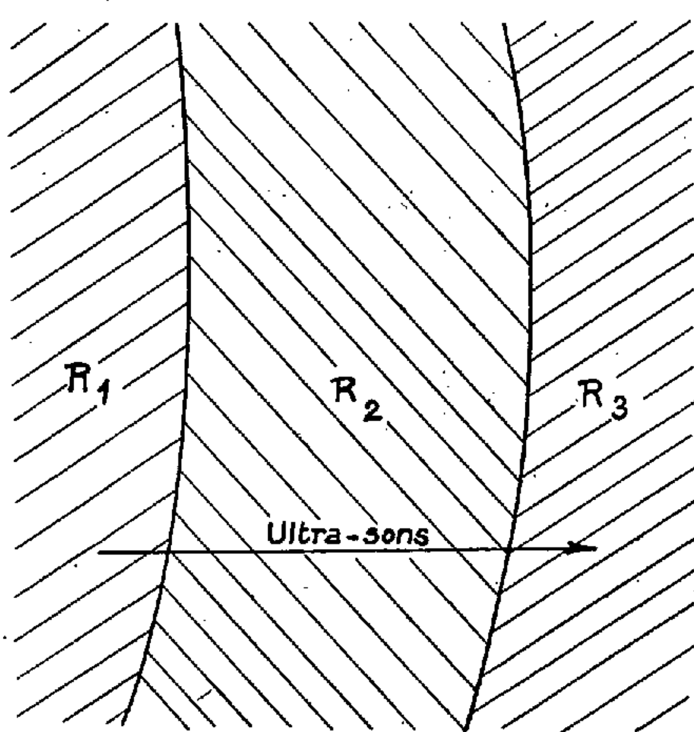


Fig. *a*.

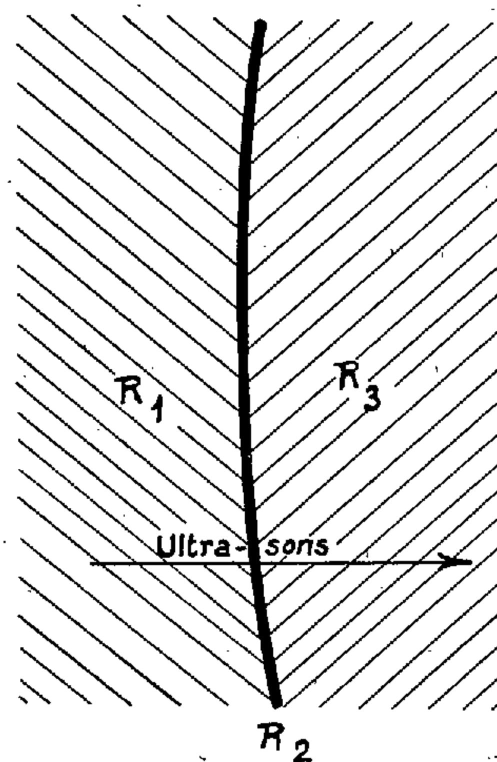


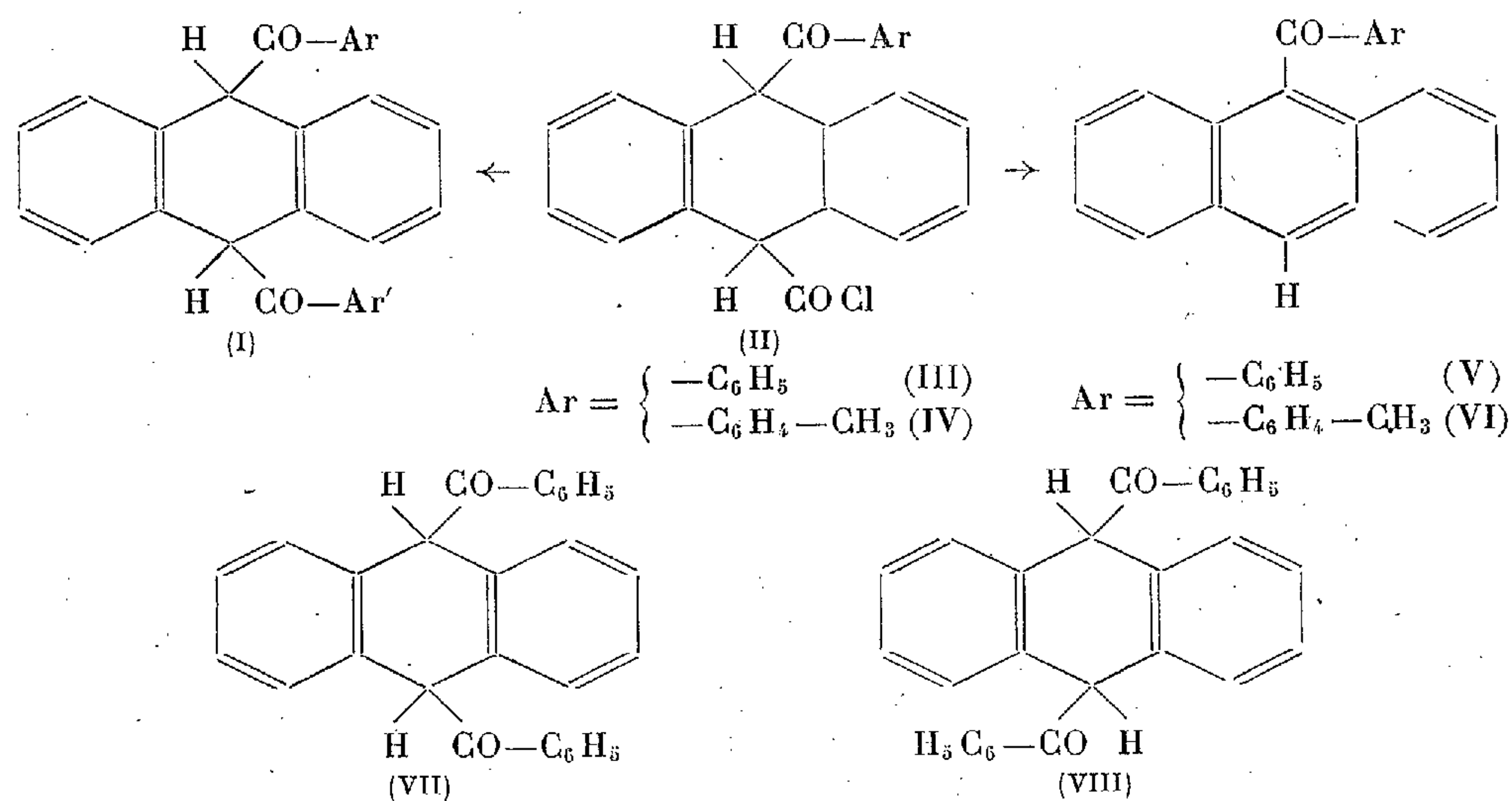
Fig. *b*.

Ces conclusions sont en bon accord avec les théories attribuant aux joints des cristaux des propriétés particulières très différentes de celles de la masse du métal, mais ne préjugent pas de la nature d'un tel joint qui peut être soit une région où se raccordent tant bien que mal deux réseaux d'orientations différentes et par suite localement très déformés, soit une pellicule de substance amorphe (genre ciment de Beilby), soit un film d'un constituant ou d'impuretés négativement tensioactives (cas du nitrure d'aluminium dans les aciers suivant l'hypothèse de Bénédicks), soit un précipité très fin intergranulaire. Toutefois, on peut penser que les anomalies de propagation des ultrasons mettant précisément en jeu les régions intergranulaires, leur étude approfondie peut constituer un moyen d'investigation de choix des propriétés et de la nature des joints des cristaux.

Dans les conclusions de nos premières recherches, nous indiquions qu'en attribuant l'existence des anomalies de réflexion à un phénomène vibratoire à l'échelle du grain ou d'un édifice plus complexe de la structure, il faut admettre en même temps l'influence de la capacité d'amortissement du métal qui peut modifier les phénomènes observés en atténuant les anomalies dans le cas d'un fort amortissement des vibrations des grains. On peut donc s'attendre, et l'expérience le confirme, à ce que les anomalies n'apparaissent pas dans certaines structures, bien que la grosseur des édifices cristallins dépasse la dimension critique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dicétones mésodihydroanthracéniques. Les deux mésodibenzoyldihydroanthracènes.* Note (*) de M. **Jean Rigaudy**, présentée par M. Charles-Dufraisse.

Les dicétones mésodihydroanthracéniques (I) constituent une classe de composés très peu étudiés jusqu'à présent. En effet, seul un dibenzoyl-9.10 dihydro-9.10 anthracène avait été décrit par Cook ([1]) qui le préparait par hydrogénation du mésodibenzoylanthracène et encore la configuration du produit restait-elle à déterminer, la formule impliquant l'existence de deux isomères *cis* (VII) et *trans* (VIII).



L'application aux céto-chlorures d'acide *cis* (II), récemment décrits ([2]), des deux méthodes de condensation utilisées avec succès dans le cas des chlorures esters correspondants : méthode de Friedel et Crafts ([3]), méthode aux organozinciques de Blaise ([4]), devait conduire à de telles dicétones (I), avec l'avantage que les dérivés à aryles différents ($Ar \neq Ar'$) seraient aussi facilement accessibles que ceux à aryles identiques ($Ar = Ar'$). De plus la configuration stérique se trouvait fixée sans ambiguïté au départ.

Les céto-chlorures (II) sont plus sensibles encore que les chlorures esters à l'action dégradante de la chaleur ou du chlorure d'aluminium. Comme pour tous les autres dérivés de la série ([5]), la fonction chlorure d'acide est détruite

(*) Séance du 7 novembre 1949.

([1]) *J. Chem. Soc.*, **129**, 1926, p. 1677.

([2]) J. Rigaudy, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 938.

([3]) J. Rigaudy, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 1327.

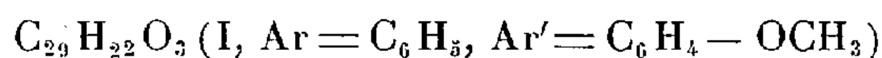
([4]) J. Rigaudy, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 662.

([5]) Ch. Dufraisse et J. Rigaudy, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 625.

avec départ de la quantité moléculaire de CO; en outre, en l'absence de tout dérivé aromatique, l'atome de Cl s'élimine avec l'un ou l'autre des atomes ou groupes d'atomes fixés sur le sommet méso en vis-à-vis, sous forme d'une molécule neutre : HCl ou ArCOCl. A titre d'exemple, avec les céto-chlorures (III) et (IV), la dégradation aboutit principalement à l'anthraphénone, $C_{21}H_{14}O$(V), déjà décrite par plusieurs auteurs ([6]), ou à son homologue supérieur, le *p*-toluyl-9 anthracène ou anthratolone, $C_{22}H_{16}O$(VI), corps nouveau qui se présente en cristaux jaunes F_{inst} 191-192° (avec parfois un premier point de fusion suivi de recristallisation sur bloc à 184-185°).

Cette destruction des céto-chlorures en présence de $AlCl_3$ limite le champ d'application de la condensation de Friedel et Crafts à ces composés; la réaction ne se déroule normalement (Rdt 70-75 %) qu'avec des dérivés aromatiques très réactifs comme l'anisole. J'ai ainsi obtenu les deux dicétones mixtes suivantes :

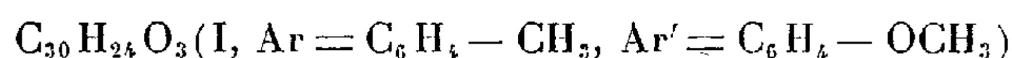
Benzoyl-9 *p*-anisoyl-10 dihydro-9.10 anthracène *cis*.



$$C_{29}H_{22}O_3\ (\text{I},\ Ar = C_6H_5,\ Ar' = C_6H_4 - OCH_3)$$

par condensation du phénylcéto-chlorure (III) sur l'anisole. Le produit paraît exister sous deux formes : F_{inst} 158°-159° et 170°-171°.

p-toluyl-9 *p*-anisoyl-10 dihydro-9.10 anthracène *cis*.



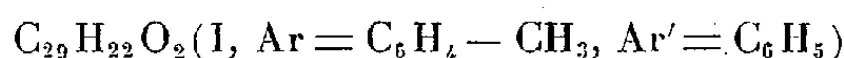
$$C_{30}H_{24}O_3\ (\text{I},\ Ar = C_6H_4 - CH_3,\ Ar' = C_6H_4 - OCH_3)$$

par condensation du *p*-tolylcétochlorure (IV) sur l'anisole. F_{inst} 185°-186°.

Comme le laissaient prévoir les résultats obtenus avec les chlorures esters, la condensation aux organozinciques de Blaise présente une supériorité marquée car elle ne détermine pas de destruction des céto-chlorures. Elle permet l'obtention des premiers termes, à température ordinaire, avec des rendements variant de 45 à 60 % lorsqu'on opère à l'abri de l'oxygène. J'ai préparé de cette façon deux autres dicétones :

Dibenzoyl-9.10 dihydro-9.10 anthracène *cis*. $C_{28}H_{20}O_2$ (VII) par condensation du phénylcéto-chlorure (III) sur le chlorure de phénylzinc. F_{inst} 170°-171°.

Benzoyl-9 *p*-toluyl-10 dihydro-9.10 anthracène *cis*.



$$C_{29}H_{22}O_2\ (\text{I},\ Ar = C_6H_4 - CH_3,\ Ar' = C_6H_5)$$

par condensation du *p*-tolycéto-chlorure (IV) sur le chlorure de phénylzinc. F_{inst} 178°-179°.

Le dibenzoyl-9.10 dihydro-9.10 anthracène obtenu ici se révèle différent du produit de Cook (F_{inst} 195°); en conséquence, il semble logique d'attribuer à ce dernier la configuration *trans* (VIII).

Toutes ces dicétones se dissolvent dans la potasse méthylique en donnant des solutions fortement colorées, indice de l'apparition des formes tautomères

([6]) *Voir* en particulier : J. W. Cook, *J. Chem. Soc.*, **129**, 1926, p. 1282.

énoliques correspondantes. Dans ces conditions, les deux mésodibenzoyldihydroanthracènes s'autoxydent rapidement en mésodibenzoylanthracènes; par contre, plus complexe est le comportement de leurs homologues qui peuvent subir des isomérisations instantanées dont l'étude est en cours.

MINÉRALOGIE. — *Déshydratation thermique des minéraux phylliteux.* Note de M. **Charles Kiefer**, présentée par M. Louis Hackspill.

La zone de température dans laquelle se déshydratent les minéraux phylliteux permet de les caractériser quantitativement et d'évaluer leurs stabilités. Nous avons mesuré avec une montée de la température de 100°/heure, les températures de début de déshydratation, de début et de fin de déshydratation rapide et de fin de déshydratation.

La stabilité dépend : *a*. de la symétrie du réseau; *b*. de la symétrie des liens valenciels des cations dans la couche octaédrique; *c*. du rapport entre le volume des cations et le vide laissé par les oxygènes dans la couche octaédrique.

La stabilité est d'autant plus grande que le réseau est plus symétrique. Les minéraux à double feuillet symétrique sont plus stables que les minéraux analogues à feuillet dissymétrique. On relève les séries suivantes :

Feuillet octaédrique type $3\,Mg^{++}$.		*Feuillet octaédrique type* $2\,Al^{+++}$.	
Phlogopite.....	1120, 1140 — 1210, 1230	Muscovite.........	765, 785 — 905, 940
Talc..........	900, 925 — 1010, 1030	Pyrophyllite	640, 690 — 780, 850
Antigorite	590, 665 — 750, 800	Kaolinite...........	430, 490 — 570, 730

Pour un même type de feuillet, la stabilité croît avec la symétrie des liens valenciels à l'intérieur de la couche octaédrique. Le passage du type $2\,Al^{+++}$ à $3\,Mg^{++}$ augmente la symétrie et la stabilité. Les minéraux dans lesquels on relève des substitutions partielles d'un type par l'autre ont une stabilité intermédiaire entre les extrêmes : Antigorite substituée (Mg^{++}, Al^{+++}) 490, 585-680, 720°. Phlogopite substituée (biotite, Mg^{++}, Al^{+++}) 1010, 1085-1130, 1140°.

Dans les minéraux phylliteux, la couche Si_2O_5 fixe la distance séparant deux oxygènes voisins et le volume des vides où se placent les cations. La stabilité est maximum pour les ions de diamètre légèrement supérieur (déformabilité des ions) au diamètre du vide. Le système $3\,Mg^{++}$(Mg^{++}= 0,78 Å) est un des plus stables. Les systèmes $3\,Ni^{++}$(Ni^{++}=0,78 Å) et même $3\,Fe^{++}$(Fe^{++}=0,83 Å) sont aussi stables. On vérifie en effet que la zone de déshydratation de la phlogopite ferreuse est identique à celle de la phlogopite et celle de l'antigorite nickelifère à celle de l'antigorite magnésienne. Lorsque le diamètre de l'ion croît, le réseau est distordu et la stabilité décroît.

La manganophyllite du type $3Mn^{++}(Mn^{++}=0,91$ Å) est moins stable que la phlogopite et se déshydrate à : 1075, 1090-1125, 1135°.

Le passage du type $2Al^{+++}(Al^{+++}=0,57$ Å) à $2Fe^{+++}(Fe^{+++}=0,67$ Å) diminue la stabilité comme le vérifie la comparaison montmorillonite : 570,630-700,710°; nontronite : 370, 390-500, 595°. Le départ d'eau à basse température n'est pas affecté par la substitution.

La comparaison de nombreux résultats nous a montré que les variations de stabilité des réseaux peuvent être traduites par des relations empiriques fonctions du type de réseau (7Å, 10 Å, mica, etc.), de la symétrie dans la couche octaédrique et de la grosseur des cations dans cette couche. L'examen concomitant des courbes de dilatation-retrait nous a montré, au contraire, que ces courbes sont plus spécifiques du type de réseau (7 Å, 10 Å) et peu influencées par les substitutions dans la couche octaédrique.

Nous avons ainsi pu prévoir l'existence de plusieurs minéraux non encore identifiés comme tels, leur zone de déshydratation et leur courbe de dilatation retrait. Nous avons ainsi vérifié, par exemple, l'existence d'une montmorillonite très magnésienne sous forme d'un talc exfolié, légèrement substitué en position octaédrique. Il se déshydrate entre 810, 825-865, 880° et à basse température entre 45, 70-170, 200° avec perte de 20,3 % d'eau. Les rayons X ont confirmé le feuillet exfolié à 14 Å. De même un minéral type montmorillonite au chrome ($Cr^{+++}=0,65$ Å) se déshydrate entre 470, 520-660, 680°, zone située entre celle de la montmorillonite et celle de la nontronite, et conforme à la série $Fe^{+++} > Cr^{+++} > Al^{+++}$.

Nous avons de même pu démontrer qu'il y avait lieu de distinguer dans les biotites plusieurs minéraux : une phlogopite ferreuse qui peut devenir presque exclusivement ferreuse par substitution au type $3Mg^{++}$ du type $3Fe^{++}$; des biotites au sens strict présentant des substitutions du type $3Mg^{++} \rightleftharpoons 2Al^{+++}$ et des muscovites ayant reçu par substitution Fe^{+++} et même Mn^{+++}. Un échantillon ainsi presque totalement substitué (Fe^{+++}, Mn^{+++}) se déshydrate entre 545, 565-770, 840°, zone de température conforme aux relations définies ci-dessus.

Cette étude outre la détermination de zones de déshydratation non encore définies, nous a permis de déterminer les caractéristiques et de présumer l'existence de plusieurs minéraux non encore identifiés. Nous avons déjà pu vérifier l'existence de quelques-uns de ceux-ci et l'exactitude de nos prévisions concernant leurs propriétés.

GÉOLOGIE. — *Sur le mode de formation et l'âge des alluvions dites préglaciaires aux environs de Lyon.* Note de MM. **Marcel Thoral** et **Franck Bourdier**, transmise par M. Maurice Gignoux.

Dans la région lyonnaise, les moraines externes (anté-würmiennes) recouvrent souvent d'épaisses couches alluviales dites *préglaciaires*. Pour

les anciens auteurs, tels Falsan et Fontannes, ces alluvions se seraient déposées en aval des glaciers quaternaires en voie de progression. Delafond et surtout Penck ([1]) allaient jusqu'à admettre qu'elles s'étaient accumulées sur le bord même des glaciers. Plus tard, Depéret, soucieux d'harmoniser les faits avec ses conceptions théoriques, croyait voir, dans les alluvions dites préglaciaires, sa terrasse de 90-95 mètres du Quaternaire ancien, *purement fluviale indépendante de toute intervention glaciaire* ([2]). Son opinion avait généralement prévalu jusqu'à présent.

Cependant de nombreux faits plaident en faveur d'une liaison étroite entre le glaciaire et les alluvions. Celles-ci présentent souvent une stratification confuse avec des galets épars dans un sable mal lavé; dans certaines gravières, telle celles d'Oullins (6^{km} au Sud-Ouest du centre de Lyon), on a l'impression de saisir un passage graduel entre la moraine typique et les alluvions. Au Nord et au Nord-Est de Lyon, entre Saône et Rhône, dans les nombreuses gravières de Neuville, Sathonay, Rillieux, La Pape et autres, nos alluvions paraissent assez nettement fluviatiles; cependant elles contiennent de petits blocs erratiques (gravière de la Montée des Soldats à Caluire, au Nord de Lyon) et des galets subanguleux, d'origine lointaine. On y trouve des galets de quartzites *concassés* par de nombreux enlèvements d'éclats qui les font parfois ressembler à des produits d'industries préhistoriques primitives. Ces galets concassés, que nous croyons assez typiques des formations glaciaires, auraient certainement été transformés en ovoïdes réguliers par un transport fluviatile un peu prolongé, si l'on en juge par l'arrondi déjà marqué des galets concassés de la terrasse würmienne bordant le canal de Jonage, à 6 ou 7 kilomètres seulement du front glaciaire. En conclusion, *les alluvions dites préglaciaires paraissent s'être accumulées très près des glaciers.*

A une douzaine de kilomètres au Sud de Lyon, les coupes de Solaise et de Sérézin, relevées par l'un de nous (F. B.) dès 1940, montrent la liaison intime entre les alluvions dites préglaciaires et la moraine, liaison que Penck avait déjà notée sur les affleurements voisins de Saint-Fons; mais, surtout, *ces coupes mettent en évidence la superposition de deux complexes alluvio-morainiques séparés par une couche d'altération.*

A la sortie de Solaise, les tranchées de la route se dirigeant vers le pont de Vernaison permettent de voir successivement, à partir du sommet, le sol post-glaciaire, le loess récent würmien, le sol d'altération du Riss-Würm avec des sables roux compacts et des limons jaunes, puis la moraine rissienne à blocs anguleux, peu épaisse, passant graduellement, vers sa base, au faciès fluviatile, bien observable dans une gravière proche de la route. Ici s'embranche un chemin bordé par un petit torrent qui a tranché une coupe

([1]) A. Penck et E. Brückner, *Les Alpes françaises à l'époque glaciaire*, extrait de l'Ouvrage *Die Alpen im Eiszeitalter*, traduit par L. Schaudel, *Trav. Lab. Géol. Fac. Sc. Univ. de Grenoble*, 8, 1907, p. 111-257.

([2]) *Comptes rendus*, 157, 1913, p. 532 et 564.

quasi continue dans les dépôts sous-jacents aux graviers : ce sont d'abord des sables se chargeant, vers leur base, de galets calcaires striés, puis deux mètres de graviers décalcifiés noyés dans une matrice argilo-sableuse rougeâtre, véritable couche d'altération qui recouvre une moraine argileuse ancienne, très compacte, à rares galets striés; cette moraine repose sur des alluvions, souvent consolidées en poudingues, descendant presque jusqu'au niveau des alluvions récentes du Rhône. La coupe totale mesure près de 80 mètres de hauteur.

A un kilomètre en aval, la vaste gravière de Sérézin, qui éventre la colline presque du haut en bas, laisse apparaître la même succession de couches; on y voit bien le passage entre la moraine inférieure et les alluvions sous-jacentes à la base desquelles l'un de nous (M. T.) observa, lors du creusement des fondations des concasseurs, beaucoup de quartzites patinés, remaniés probablement d'une formation alluviale plus ancienne.

A deux kilomètres et demi en aval, sur la rive droite du Rhône, le long de la route de Vernaison à Grigny, les alluvions supérieures, activement exploitées, ont fourni une dent d'*Equus caballus* L. Elles reposent sur une couche décalcifiée et ferrugineuse de trois mètres d'épaisseur qui nous a montré de nombreux galets concassés et un bloc anguleux de quartzite alpin. Sous cette couche, un puits atteint les micaschistes après avoir traversé cinq mètres de sables et graviers.

L'altération de la surface du complexe supérieur fut arrêtée au début du Würm par le dépôt du lœss récent calcaire. Par définition, nous ([3]) daterons cette altération du Riss-Würm; elle est au moins aussi forte que celles des basses terrasses de la région exposées à l'action des eaux météoriques depuis le maximum würmien. Quant à la couche d'altération du complexe inférieur, laquelle devait être primitivement plus épaisse et qui est encore au moins égale à celle du Riss-Würm, nous pourrions la dater du Mindel-Riss, à moins qu'il n'y ait eu, pendant le Riss, deux phases d'avancée glaciaire séparées par un recul de très longue durée.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur l'orientation des vecteurs cristallographiques dans la gangue siliceuse d'une arkose métamorphisée.* Note (*) de M. **François Kraut**, présentée par M. Albert Michel-Lévy.

Dans une Note consacrée aux arkoses fort répandues dans la région de Nontron et de Rochechouart ([1]), j'ai signalé l'existence d'une variété très fréquente dans laquelle des fragments issus de la désagrégation des roches voisines sont cimentés par des grains de quartz, des lamelles de mica et un grand nombre de minuscules cristaux de feldspath de néoformation présentant le plus souvent les contours d'une section voisine de g^1.

([3]) Fr. Bourdier, *Les caractères distinctifs de chaque glaciation alpine d'après les couvertures de lœss et les sols d'altération; in La Géologie des terrains récents dans l'Ouest de l'Europe*, Bruxelles, 1947, p. 332-347.

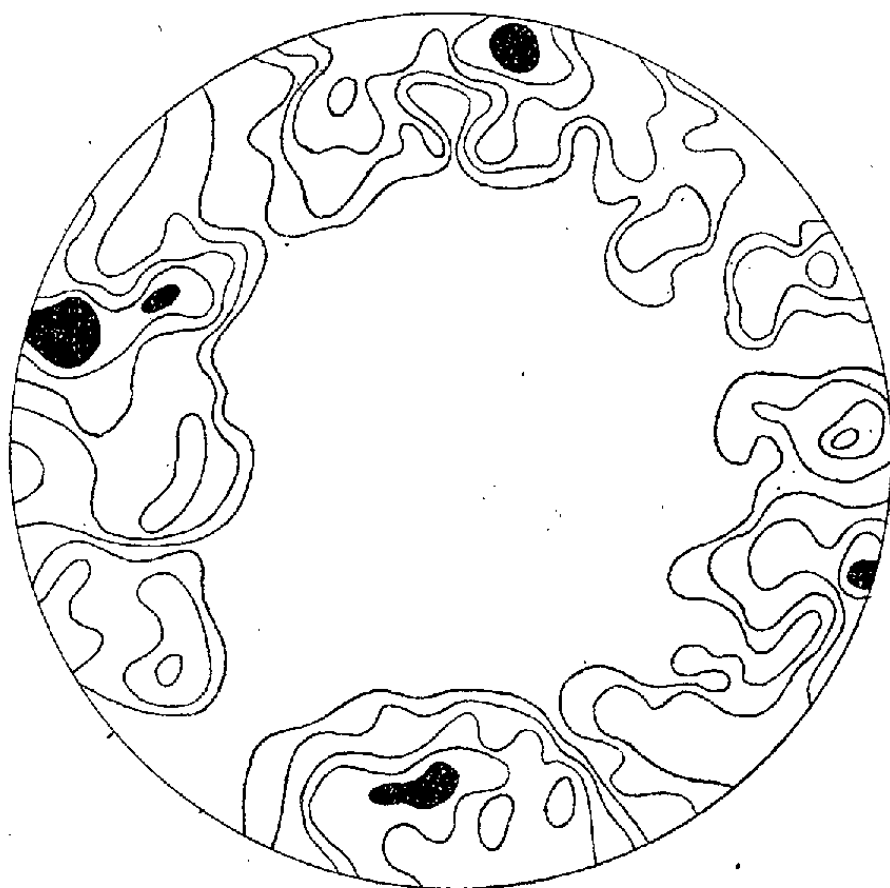
(*) Séance du 7 novembre 1949.

([1]) F. Kraut, *C. R. S. Soc. Géol. de France*, 6, 1949.

L'origine de ces cristaux de feldspath soulève des questions très délicates au point de vue géologique. L'hypothèse d'un apport magmatique se heurte aux idées généralement admises qui fixent au carbonifère la limite du métamorphisme et de la mise en place du granite dans le Massif Central et met ainsi en cause l'âge rhétien attribué à ces arkoses. On peut également envisager la possibilité d'un remaniement du feldspath clastique avec le concours de vapeurs d'eau. Des gîtes hydrothermaux sont, en effet, connus dans la région et les roches qui nous intéressent ont elles-mêmes subi une forte minéralisation sulfatée.

Quoi qu'il en soit, le ciment siliceux rappelle sous le microscope la structure des roches cristallophylliennes et il m'a paru intéressant de rechercher par la méthode de Sander-Schmidt si le métamorphisme ne fournit pas une preuve d'ordre mécanique de son existence en imposant aux vecteurs cristallographiques une orientation préférentielle.

L'exécution des mesures rencontre certaines difficultés. L'exiguïté des grains nécessite l'emploi d'un fort grossissement et rend malaisée l'utilisation de la platine de Fédoroff. La symétrie imparfaite du diagramme obtenu est en partie imputable à cet inconvénient.



200 grains de quartz ont été mesurés et les pôles des axes optiques pointés dans le réseau de Schmidt qui représente, en projection conforme, le côté concave de l'hémisphère inférieur. La concentration à l'intérieur des courbes est de 0,5, 2, 3 et 4 %.

L'inclinaison des axes *c* des cristaux sur le plan équatorial de la sphère de référence se répartit de la façon suivante :

Hauteur angulaire...........	0–10°	11–20°	21–30°	31–42°
Grains en %................	34	22	26	18

Le tableau montre que 82 % des axes cristallographiques ont une hauteur angulaire inférieure à 30°; aucun d'entre eux ne dépasse 42°.

Une propriété remarquable du diagramme est sa tendance très nette vers une certaine symétrie. Il possède, en effet, trois plans de symétrie mutuellement perpendiculaires dont deux passent par les maxima et se projettent suivant les diamètres NS et EW du cercle; le troisième est le plan du dessin. La légère excentricité de la figure est due à l'orientation de la plaque mince par rapport à l'échantillon, elle peut être éliminée par rotation autour des axes horizontaux.

On sait que la symétrie d'un assemblage est en relation directe avec celle des forces qui ont agi sur lui pendant sa formation ([2]). Pour le cas qui nous intéresse, la symétrie orthorhombique indique que le quartz a recristallisé, ou cristallisé s'il est dû à une silification secondaire, dans des conditions statiques. L'orientation préférentielle des axes *c* mise en évidence par le diagramme de type *ceinture* montre, en outre, l'influence d'une pression dirigée sur la croissance des cristaux.

OCÉANOGRAPHIE. — *La sédimentation calcaire. Action des amines fortes carbonatées sur l'eau de mer.* Note (*) de M. **Gabriel Lucas**, présentée par M. Charles Jacob.

Les essais, relatés précédemment ([1]), de précipitation des carbonates de l'eau de mer par l'action de carbonates alcalins ont pu être poursuivis au Laboratoire maritime du Collège de France, à Concarneau. Comme je l'annonçais, j'ai utilisé, au lieu du carbonate de sodium, dont la genèse dans l'eau de mer serait inexplicable, des carbonates d'amines fortes; celles-ci sont connues comme résultat de l'activité biologique d'Invertébrés et de Bactéries, tandis que les ions carboniques ne font pratiquement jamais défaut.

J'ai employé les diméthylamine et diéthylamine, ainsi que l'hydrate de tétraméthylammonium, préalablement carbonatés par barbotage de gaz carbonique. Contrairement au sesquicarbonate d'ammonium, qui acidifie l'eau de mer jusqu'à pH 7,8, amenant seulement le dépôt d'un peu d'aragonite, ces corps permettent d'élever le pH jusqu'à 8,6.

Les courbes obtenues, selon les techniques déjà décrites, sont comparables à celles qui sont fournies par le carbonate de sodium. En ajoutant des quantités

---

([2]) Walter Schmidt, *Gefügesymmetrie und Tektonik* (*Jahrbuch der geologischen Bundesanstalt,* Vienne, 1926).

(*) Séance du 7 novembre 1949.

([1]) *Comptes rendus,* **226**, 1948, p. 937-939 et 1023-1025.

croissantes de carbonates d'amines, on observe successivement (courbe de pH après réaction) :

une légère élévation jusqu'à 8,5, sans aucun dépôt;

une baisse jusqu'à 7,8, avec aiguilles d'aragonites;

une remontée jusqu'à un palier à 8, avec sphérolites épineux d'aragonite;

une nouvelle remontée jusqu'à 8,6, avec sphérolites épineux d'aragonite accompagnés de bâtonnets (6$^{\mu}$), puis de sphérolites doubles (7 à 15$^{\mu}$) de même nature que les sphérolites dont il va être question;

un palier à 8,6, avec dépôt de sphérolites limpides à fibres allongées négativement, et très biréfringents, atteignant 150$^{\mu}$ de diamètre; le calcium seul peut alors être mis en évidence dans le précipité;

une légère baisse de la courbe (8,5) correspond à l'apparition du magnésium dans le précipité; les sphérolites très biréfringents sont accompagnés de sphérolites peu biréfringents. A ce moment apparaît parfois la nesquéhonite $MgCO_3 3H_2O$ en bouquets d'aiguilles sous le ménisque supérieur de la liqueur.

Rien d'autre ne se produit si la solution reste en repos. Mais une agitation (par exemple le prélèvement de précipité à l'aide d'une pipette) déclenche le développement d'une nuée de petits cristaux de nesquéhonite, dont je n'ai pas pu jusqu'ici étudier le retentissement sur le pH de la solution, ni sur la composition du précipité.

L'adjonction de légers excès d'amines permet d'obtenir des pH plus élevés, et, partant, une plus grande richesse en magnésium du précipité; celle-ci se traduit par une plus grande abondance et un plus grand diamètre (jusqu'à 100$^{\mu}$) des perles négatives peu biréfringentes.

Ainsi, l'action des carbonates d'amines fortes sur l'eau de mer m'a donné les mêmes résultats (précipitation du calcium et d'une quantité non négligeable du magnésium de l'eau de mer) que ceux fournis par le carbonate de sodium, et ceci, à des pH bien inférieurs (palier principal à 8,6 au lieu de 9,1). Les perles obtenues sont aussi plus grosses (150$^{\mu}$ au lieu de 100$^{\mu}$).

Dans les recherches à venir, je me propose de préciser la nature des produits obtenus, le rôle joué par la nesquéhonite et l'évolution de tous ces corps soumis à des variations ultérieures de pH.

D'autre part, considérant que la présence des amines dans le milieu marin est aussi vraisemblable sous la forme de sulfures que sous celles de carbonates, je compte essayer d'utiliser ces sulfures pour élever le pH et précipiter ainsi calcium et magnésium par les seuls ions carboniques présents dans l'eau de mer, sans que le réactif employé entre lui-même dans la réaction de précipitation.

PHYSIOLOGIE. — *De l'utilisation de l'ésérine pour mettre en évidence le rôle du nerf vague dans la sécrétion externe du pancréas.* Note de M. **Henri Hermann**, présentée par M. Léon Binet.

User de l'ésérine est un bon moyen d'aborder certains problèmes de physiologie du système nerveux végétatif, lorsque sont en cause des innervations parasympathiques. En effet, cet alcaloïde renforce et prolonge les réponses cholinergiques parce qu'il s'oppose à l'action de la cholinestérase qui est d'hydrolyser l'acétylcholine. J'ai appliqué la méthode à l'examen du rôle que joue le nerf vague vis-à-vis de la sécrétion externe du pancréas. Sur ce point deux opinions s'opposent; l'une, émise par Pavlov (1888) et fortement appuyée par les travaux de R. Gayet et M. Guillaumie (1930-1934), attribue au nerf pneumogastrique un pouvoir excito-sécrétoire direct; l'autre, moins reçue, nie l'existence de cette fonction, et fait appel à des incidences vaso-motrices pour expliquer les modifications que la faradisation du nerf apporte à la sécrétion pancréatique. Les expériences effectuées depuis trois ans dans mon laboratoire sont favorables à la première thèse et lui apportent des arguments nouveaux.

Chez un chien à jeun, chloralosé ou curarisé, on ligature la muqueuse pylorique; une fistule temporaire du canal de Wirsung est établie et les nerfs vagues sont préparés dans le thorax immédiatement au-dessus du diaphragme; on en sectionne toutes les branches de façon à éliminer les perturbations dues à la sensibilité récurrente. La sécrétion du pancréas est entretenue par une injection intra-veineuse continue et régulière de sécrétine, préparée suivant le mode de Bayliss et Starling. La vitesse de la perfusion est réglée pour que l'écoulement du suc soit constant et modéré (quelques gouttes par minute). On étudie les variations apportées au flux sécrétoire par la stimulation centrifuge prolongée de l'un des nerfs vagues; on les estime, soit par la rhéographie, soit par la pesée du suc recueilli dans un temps donné, avant et après administration intra-veineuse de $0^{mg},05$ de sulfate d'ésérine par kilogramme du poids de l'animal; à cette dose la sécrétion pancréatique n'est pas influencée. Voici les résultats obtenus.

1° Dans les conditions où elles ont été pratiquées, les excitations des nerfs vagues n'ont pas agi d'une seule manière. Sur 42 essais, 14 % sont restés nuls, 58 % ont donné une augmentation et 28 % une diminution du flux sécrétoire. Les moyennes des variations observées ont été de + 33 et — 20 % du débit du suc précédant immédiatement l'excitation. Après administration d'ésérine, les augmentations se produisent plus fréquemment (87 %), et les diminutions deviennent plus rares (13 %). Il n'y a plus d'essais nuls. Les moyennes des variations passent à + 87 et — 25 %.

2° Lorsque le pancréas n'est pas en activité spontanée ou provoquée, la

période d'excitation latente du nerf vague est toujours longue (2 à 3 minutes). Lorsque la glande sécrète sous l'influence de la sécrétine, cette période se raccourcit à 45 ou 60 secondes. Après ésérination du sujet, la latence s'abrège encore : 15-20 secondes et même 5 ou 10 secondes.

3° Dans la plus grande majorité des cas l'augmentation du flux sécrétoire ne survit guère à l'excitation qui l'a provoquée. S'il se produit une diminution de ce flux, c'est que la stimulation a dès son début passagèrement ralenti ou tari l'écoulement du suc. L'usage d'ésérine ne supprime pas ce mode de réponse, mais il en réduit la fréquence de production. L'intervention primitive de nerfs modérateurs de la sécrétion est l'hypothèse la plus satisfaisante pour expliquer ce phénomène.

4° La stimulation des nerfs vagues modifie la teneur du suc en lipase : dans 50 % des cas, on observe une augmentation; dans 20 % une diminution; dans 30 %, il n'y a pas eu d'effet. Après administration d'ésérine, les augmentations passent à 87 % et les diminutions à 13 %. Mais l'ampleur des variations ne change pas (+ 25 et — 15 % en moyenne).

Ces résultats sont dus à ce que l'ésérine, en renforçant les mécanismes cholinergiques, leur permet de surmonter les effets inhibiteurs de l'excitation vagale et de prendre le pas sur eux. Il devient ainsi plus fréquent d'observer avec netteté l'accroissement du flux sécrétoire et l'élévation du pouvoir lipasique, deux variations concomitantes qui sont les témoins de la fonction excito-sécrétoire pancréatique directe des nerfs pneumogastriques.

BIOLOGIE. — *Technique générale de mesure du pouvoir antimicrobien des sérums par la détermination de leur index bactéricide absolu.* Note (*) de M. **Jean Fricker**, présentée par M. Léon Binet.

Bien que très ancienne, la notion du pouvoir bactéricide des sérums n'a pas bénéficié jusqu'à présent des progrès de la technique sérologique, à tel point que beaucoup d'auteurs en sont arrivés à n'attribuer à ce pouvoir qu'un rôle presque insignifiant dans l'immunité bactérienne. Ce fait tient surtout à ce que les propriétés bactéricides des sérums n'ont pu être appréciées jusqu'à présent que d'une manièce très approximative et avec des résultats inconstants non seulement pour des méthodes différentes, mais même pour une technique donnée.

La technique suivante que nous proposons a pour but la détermination exacte du nombre de microbes vivants tués par une dose fixe de sérum, ce qui constitue la mesure du pouvoir bactéricide absolu du sérum.

(*) Séance du 2 novembre 1949.

Tout d'abord préparer le matériel suivant : Prendre quatre biberons en pyrex de 150^{cm^3} dont la graduation 100 aura été contrôlée de façon qu'elle corresponde rigoureusement à ce volume. Mettre 100^{cm^3} d'eau physiologique à $9^0/_{00}$ dans chacun d'eux, boucher au coton et passer 15 minutes à l'autoclave à 120°. A la sortie de l'autoclave ajouter stérilement la quantité d'eau physiologique nécessaire pour ramener le volume à 100^{cm^3} afin de compenser l'eau perdue par évaporation pendant la stérilisation, quantité qui est variable selon le degré de tassement du coton.

Numéroter ces biberons de 1 à 4.

Ranger sur un porte-tube de 12 tubes à 2 rangées, 10 tubes stériles en avant pour la réaction proprement dite et 6 en arrière comme témoins. Ces tubes seront numérotés de gauche à droite.

Dans un tube d'eau physiologique réaliser stérilement avec une anse de platine une émulsion très homogène titrant un milliard par centimètre cube du germe que l'on veut étudier en utilisant pour cela une culture de 16 heures au maximum, ne comportant par conséquent presque uniquement que des microbes vivants. Bien qu'avec notre technique le chiffre d'un milliard n'ait pas besoin d'être très précis, on s'en rapprochera le plus possible en comparant cette dilution à celle obtenue en partant du vaccin T. A. B. de l'Institut Pasteur, qui titre 4 milliards 200 millions de germes par centimètre cube, et qu'on étendra pour ramener ce taux à un milliard.

Ceci préparé, on opérera toujours avec des pipettes rigoureusement calibrées et stérilisées en changeant de pipette chaque fois que l'on ira d'une émulsion plus concentrée à une moins concentrée. Enfin, il faudra toujours opérer d'une manière parfaitement stérile.

Tout d'abord, enlever de chacun des 4 biberons 1^{cm^3} pour ramener le volume à 99^{cm^3}. Ajouter au biberon n° 1 1^{cm^3} de l'émulsion à 1 milliard et agiter, sans toucher le coton, pendant 2 minutes.

Prélever 1^{cm^3} du biberon n° 1 et le porter dans le n° 2 puis agiter. Prélever de même 1^{cm^3} du n° 2 et le porter dans le n° 3 et 1^{cm^3} du n° 3 dans le n° 4 en agitant chaque fois.

Prendre ensuite $0^{cm^3},1$ du biberon n° 4 et le mettre dans le dixième et dernier tube à réaction de droite, faire de même pour le tube témoin correspondant. Du même biberon prélever 1^{cm^3} et le porter dans le 9ᵉ tube à réaction et faire de même pour le tube témoin correspondant. Passer alors au biberon n° 3 dont on portera $0^{cm^3},1$ dans le 8ᵉ tube à réaction ainsi que dans le témoin correspondant et 1^{cm^3} dans le 7ᵉ tube à réaction et le témoin. Procéder de la même façon pour les flacons n° 2 et 1, sauf que pour ce dernier il n'y aura pas de témoin. Pour les deux premiers tubes à réaction, on employera l'émulsion à 1 milliard dont on mettra respectivement $0^{cm^3},1$ dans le 2ᵉ et 1^{cm^3} dans le premier. Ajouter

ensuite de droite à gauche $0^{cm^3},9$ d'eau physiologique dans tous les tubes à réaction et témoins contenant $0^{cm^3},1$ d'émulsion de façon à ramener tous les volumes à 1^{cm^3}.

On aura ainsi réalisé une série de tubes à réaction avec des dilutions décimales rigoureusement croissantes allant théoriquement de 1 germe à 1 milliard et une série de témoins de 1 à 100000 germes.

On ajoute alors de droite à gauche et seulement dans les tubes à réaction $0^{cm^3},2$ du sérum stérile dont on veut mesurer le pouvoir bactéricide, sérum qui doit avoir au maximum 24 heures, surtout en été.

Les éléments de la réaction étant ainsi en place, il reste alors à éliminer les microbes qui auraient pu adhérer à la paroi du tube au-dessus du sérum et qui échapperaient ainsi à son action. Pour cela on marque d'un trait rouge la moitié environ de chaque tube à réaction et on les incline ensuite successivement en les roulant de façon que le mélange microbe-sérum balaye jusqu'au trait rouge toute la moité inféro-interne du tube. Pour la moitié supérieure, après avoir entré les cotons dans les tubes jusqu'au ras du bord, on la flambe dans un bec Bunsen en faisant tourner le tube.

Les tubes sont alors mis à l'étuve pendant une heure à 37° puis sortis et laissés 3 heures à la température du laboratoire.

On ajoute à ce moment 10^{cm^3} de bouillon ordinaire à chaque tube à réaction et témoin et l'on remet à 37° pendant 24 heures, moment où on lit la réaction de la façon suivante :

On note à partir de la droite le premier tube témoin dont le contenu devenu trouble indique qu'il y a eu culture, ce qui permet d'affirmer que ce tube ainsi que le tube à réaction correspondant contenait au moins 1 microbe vivant et moins de 10, car sans cela le tube de la dilution inférieure aurait lui-même poussé. Par suite les variations au cours de mesures successives ne peuvent porter, au maximum, que sur un tube.

A partir de ce premier tube témoin ayant cultivé, le nombre de tubes à réaction restés stériles donne l'index bactéricide du sérum considéré qui sera calculé en comptant le 1er tube à réaction resté stérile par rapport au témoin pour 1, le 2e pour 10, le 3e pour 100, le 4e pour 1000, etc. Au cas exceptionnel où la culture serait faible et difficile à apprécier dans le premier tube ayant cultivé, il serait facile de faire le contrôle par repiquage sur gélose.

Telle est la méthode, plus longue à exposer qu'à pratiquer qui, rigoureusement indépendante de l'opérateur, nous paraît appelée à rendre de précieux services chaque fois que l'immunité bactérienne devra être mesurée.

BIOCHIMIE. — *Influence de la carence en streptomycine sur la fermentation anaérobie du glucose par une souche streptomycino-exigeante de* Escherichia coli. Note de M. **Pierre Schaeffer**, présentée par M. Jacques Trefouël.

Nous avons précédemment signalé ([1]), ([2]) que des mutants bactériens exigeant la streptomycine (Sm) pour leur croissance (mutants dits Sm-E) sont encore capables, lorsqu'on les prive d'antibiotique, d'une croissance résiduelle au cours et en dépit de laquelle la respiration reste constante. Ces résultats, obtenus avec un *Bacillus cereus* Sm-E ([2]), ont été confirmés avec un mutant Sm-E de *E. coli* ([3]). C'est cette dernière souche qui a été utilisée dans l'étude, ici rapportée, de l'intensité de la fermentation anaérobie du glucose en absence de Sm.

Technique expérimentale. — Les cultures destinées aux expériences étaient obtenues par incubation anaérobie (atmosphère d'azote à 5 % de CO_2), à 37°, dans un milieu tamponné à pH 7,4 par du phosphate (0,05 M) et du bicarbonate (0,02 M) et contenant de la peptone (0,4 °/₀₀), du glucose (3,2 °/₀₀) et de la Sm (30 μg/cm³).

Dans l'expérience-type suivante, la culture avait au moment de son prélèvement une densité optique (d. o.) de 570 (électrophotomètre de Meunier, écran bleu, cuve de 1^{cm}. 1^{cm^3} d'une culture dont la d. o. est dans ces conditions égale à l'unité contient environ $0^{\mu g},8$ de bactéries sèches). Par dilution avec un milieu salin bicarbonaté (0,02M) dépourvu de phosphate et de Sm, la d. o. fut amenée à 15 (dilution 38 fois); la concentration résiduelle en Sm se trouvait au plus égale à 0,8 μg/cm³, celle en phosphate au plus égale à M/760. La culture, ainsi carencée en Sm, était répartie en fioles de Warburg (3^{cm^3} par fiole) dont les diverticules recevaient des solutions de peptone, d'autolysat de levure et de glucose ($0^{cm^3},4$ en tout). Puis on faisait passer dans chaque fiole pendant 5 minutes de l'azote à 5 % de CO_2 et les fioles, toutes ensemble, étaient mises dans le thermostat (37°). L'équilibre de température atteint, on déversait dans les fioles les contenus des diverticules (temps R). Pour temps zéro fut choisi le temps R + 2 heures 30 minutes; pendant ces 2 heures 30 minutes les cultures étaient agitées dans le bain à 37°, le dégagement de CO_2 étant lu toutes les 30 minutes.

Les lectures manométriques continuaient ensuite avec la même fréquence, mais après chacune d'elles l'une des fioles était prélevée et la d. o. de la culture

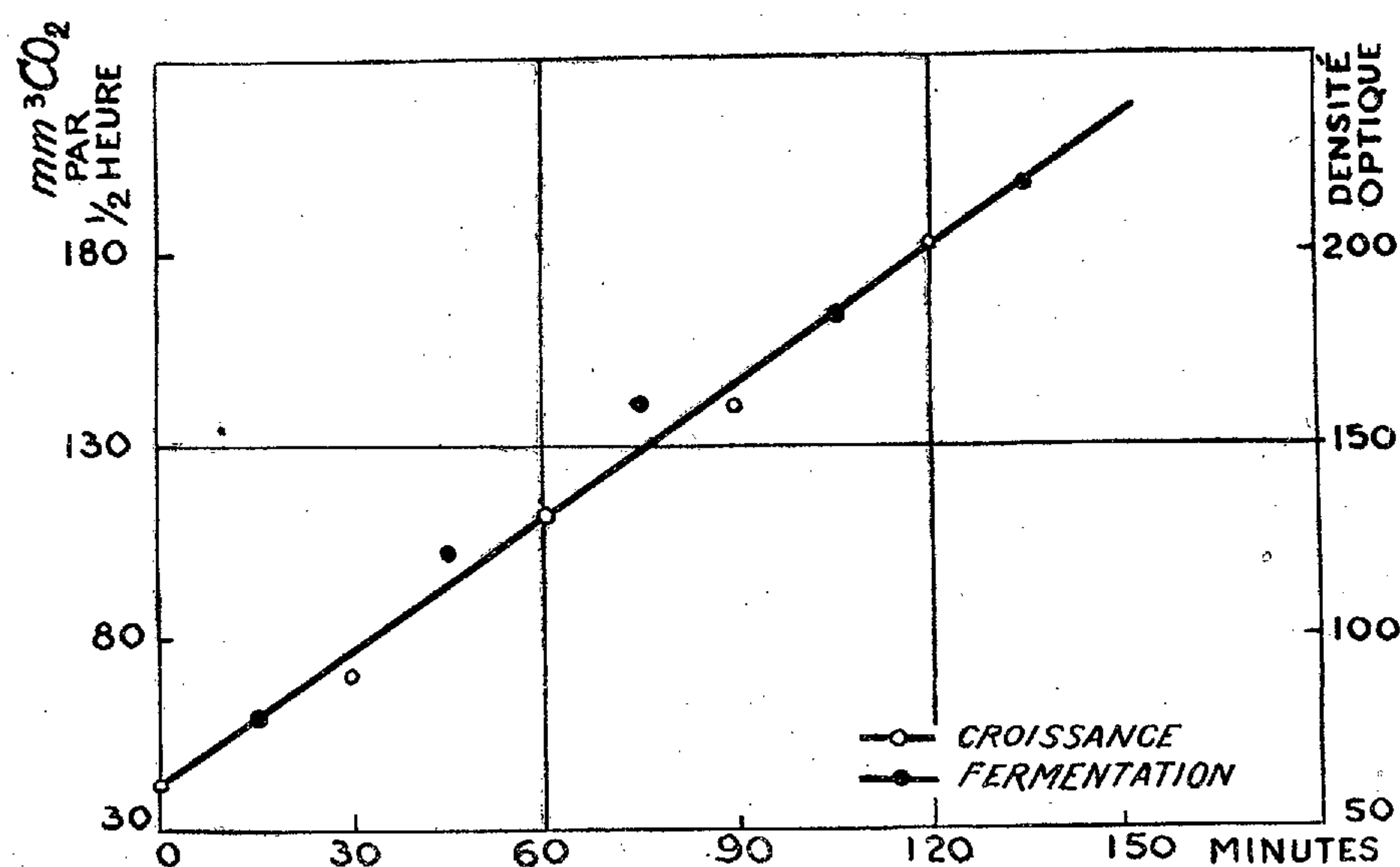
---

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 277 et 440.

([2]) *Ann. Inst. Pasteur* (sous presse).

([3]) Souche mise à notre disposition par le Dr G. Bertani, *Dept of Genetics, Cold Spring Harbor, Long Island,* N. Y.

qu'elle contenait aussitôt mesurée. Ainsi pouvait-on suivre simultanément la croissance résiduelle anaérobie des bactéries et la quantité de CO_2 dégagé. Le retard avec lequel étaient commencées les lectures de d. o. permettait d'éviter l'influence perturbatrice d'une *adaptation enzymatique à l'anaérobiose*, phénomène non décrit, observé indépendamment dans le même laboratoire par C. Fowler (communication personnelle). Remarquons incidemment qu'une adaptation enzymatique est possible, chez des bactéries Sm-exigeantes, en absence de Sm dans le milieu.



Résultats. — L'examen de la figure ci-jointe montre que : 1° les cultures en fioles de Warburg, privées d'oxygène et de Sm, sont capables d'une croissance résiduelle qui, représentée en coordonnées normales, est linéaire; 2° le dégagement de CO_2 (CO_2 *des acides* + CO_2 *métabolique*) augmente parallèlement à la d. o., de sorte qu'un choix convenable des ordonnées permet la représentation par une même droite de la croissance et de la fermentation.

En d'autres termes, l'intensité de la fermentation (IF), définie par l'expression IF = (mm³ de CO_2 dégagé en 30 minutes/d. o. moyenne) $\times 10^3$ est constante. En fait, les valeurs expérimentales trouvées pour IF furent, au cours des 5 demi-heures successives de l'expérience, (790), 919, 966, 906 et 912. (Nous pensons que le premier chiffre, trop faible, appartient encore à la période d'adaptation à l'anaérobiose.)

La constance de l'intensité de la fermentation au cours de la croissance résiduelle anaérobie de bactéries Sm-exigeantes carencées en antibiotique s'oppose

à la diminution constante de l'intensité respiratoire des mêmes bactéries effectuant leur croissance résiduelle en aérobiose [*cf.* (¹), (²)].

Nos résultats permettent d'exclure des systèmes enzymatiques à la synthèse desquels la Sm est nécessaire, les enzymes entrant en jeu dans la fermentation anaérobie du glucose. La Sm étant d'ailleurs indispensable à la croissance anaérobie normale de notre souche, c'est à la synthèse de systèmes enzymatiques intervenant dans des réactions anaboliques que la Sm semble être nécessaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'utilisation des matières pectiques par l'organisme animal.* Note de M. **André-M. Leroy** et Mlle **Andrée Michaux**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'emploi des matières pectiques dans le traitement des maladies intestinales incita de nombreux chercheurs à étudier le sort de ces substances dans l'organisme. D'après les résultats publiés [Scbneider [1], Erlich [2], Werch [3] et [4], Murer [5], Kertesz [6]], la pectine est décomposée dans les voies digestives de l'Homme et du Chien, principalement dans le colon, par l'action des bactéries intestinales. La question étant intéressante au point de vue de l'alimentation du bétail, nous avons recherché dans quelles proportions ces substances sont transformées dans l'organisme et étudié les modifications que subit le rapport pectine/acide pectique au cours de la digestion.

Des brebis ont été soumises à des régimes variés : marc de pommes, pulpes de betteraves, foins et paille, pendant des périodes comprises entre 6 et 10 jours.

Brièvement résumé, le mode d'extraction a été le suivant. La prise d'essai, délipidée par l'alcool et l'éther bouillants, a été traitée successivement à l'ébullition par de l'eau, une solution faible d'acide chlorhydrique et une solution diluée de carbonate de sodium, afin de séparer au mieux : pectine, pectose et acide pectique. La solution provenant de la réunion des deux premiers extraits est concentrée et additionnée de cinq fois son volume d'alcool chlorhydrique. La pectine précipitée est purifiée. Le pectate de calcium formé par l'action d'une solution de chlorure de calcium sur l'extrait alcalin est traité par l'acide chlorhydrique pour libérer l'acide pectique.

(¹) *Am. J. Physiol.*, **30**, 1912, p. 258.

(²) *Schl. Gesel. f. Vaterlande.*, **103**, 1930-1931, p. 104.

(³) et (⁴) *Proc. Soc. Exper. Biol. and Med.*, **44**, 1940, p. 366; *Am. J. Digest. Dis. and Nutrition*, **8**, 1941, p. 101; *Proc. Soc. Exper. Biol. and Med.*, **46**, 1941, p. 569.

(⁵) *Am. J. Physiol.*, **129**, 1940, p. 427.

(⁶) *J. Nutrition*, **20**, 1940, p. 289.

Les résultats groupés dans le tableau ont été calculés d'après les moyennes quotidiennes des poids des aliments effectivement ingérés et des matières fécales recueillies. Sauf dans le cas de la paille, les rétentions ont été importantes, même chez l'agneau qui avait reçu, en plus du foin, du lait en poudre additionné d'une forte dose de saccharose. Abstraction faite des résultats obtenus chez ce dernier, les poids *moyens* de matières pectiques retenus quotidiennement par les brebis soumises au marc de pommes, aux pulpes de betteraves et aux foins, ont été respectivement égaux à 92, 48 et 64g.

Aliment donné.	N° des brebis.	Matières pectiques ingérées.	Matières pectiques retenues.	Pectine/ac. pectique ingesta.	Pectine/ac. pectique excreta.
Marc de pommes (24,46% matières pectiques).	356	102g,667	96g,734	11,0	0,57
	357	93,030	88,778	12,29	0,54
Pulpes de betteraves (13,51% matières pectiques).	130	43,540	39,331	9,80	0,27
	131	66,420	58,430	9,61	0,69
Foin (7,18% matières pectiques).	141	73,297	57,132	0,58	0,43
	142	72,227	51,739	0,58	0,31
	143	81,481	66,384	0,58	0,57
Foin (7,47% matières pectiques).	306	102,695	74,486	0,70	0,30
	307	93,989	67,480	0,70	0,44
	308	72,747	60,983	0,67	0,35
Foin + lait (7,35% matières pectiques).	Agneau. 250	39,648	26,140	0,53	0,40
Paille (3,97% matières pectiques).	335	18,852	10,389	1,70	0,86
	337	18,203	11,967	1,70	1,05

Le marc et les pulpes étant déficients en divers éléments, l'interprétation physiologique des résultats est difficile. La comparaison de ces données avec celles qui ont été recueillies chez les sujets soumis aux foins, a donné lieu aux observations suivantes : Tandis que le foin, aliment bien équilibré, a été parfaitement toléré, la consommation du marc et des pulpes a provoqué un amaigrissement chez tous les animaux et parfois même des hémorragies intestinales. D'autre part, les rapports pectine/acide pectique des substances d'origines alimentaire et fécale diffèrent beaucoup entre eux. Les moyennes 11,14 et 9,70 trouvées dans les ingesta s'abaissent à 0,55 et 0,48 dans les excreta. Au contraire, dans le cas du foin, ces rapports, tous inférieurs à l'unité, sont très voisins. De grandes quantités de pectine, représentant un fort pourcentage des quantités ingérées, ont donc été décomposées au cours de la digestion du

marc et des pulpes. Les moyennes atteignent 88 et 49^g, au lieu de 25^g, moyenne trouvée chez les brebis recevant le foin.

Les rétentions importantes d'acide pectique observées chez les animaux soumis au foin qui, d'autre part, étaient en excellente santé, paraissent indiquer qu'une ration dans laquelle l'acide pectique domine la pectine, présente les meilleures conditions pour satisfaire, à ce point de vue, les besoins de l'organisme. En effet, les poids retenus dont la moyenne (36^g,2) est très supérieure à celles qui ont été obtenues avec le marc et les pulpes (4,5 et 1,1) n'ont provoqué aucun trouble. Il semble donc que la forme acide pectique soit plus facilement tolérée par l'organisme que celle de son ester méthylique, la pectine, cette hypothèse n'excluant pas l'influence prépondérante du bon équilibre de la ration au point de vue des autres constituants.

CHIMIE MICROBIENNE. — *Action de la phénylalanine sur la croissance du Colibacille inhibée par l'acide indolacrylique.* Note de Mlle **Christiane Marnay**, présentée par M. Maurice Javillier.

Beerstecher et Shive (¹) pensent que le tryptophane jouerait le rôle de précurseur de la phénylalanine pour *E. Coli*, car l'inhibition de croissance provoquée par la β-hydroxyphénylalanine ou la β-2-thiénylalanine, antagonistes de la phénylalanine, est empêchée par le tryptophane; 200$^\gamma$ de *dl*-tryptophane seraient aussi efficaces que 10$^\gamma$ de *dl*-phénylalanine.

Inversement, il nous a paru intéressant d'étudier l'action de la phénylalanine sur le Coli, dont la croissance est bloquée par une substance inhibant la synthèse du tryptophane, et de voir si, dans ces conditions, la phénylalanine pouvait remplacer le tryptophane. Nous avons utilisé l'acide indolacrylique dont l'action antagoniste de celle du tryptophane pour le Colibacille a été démontrée par Fildes (²). Nous avons comparé l'action du tryptophane, de l'acide nicotinique (³) et de la phénylalanine sur l'effet bactériostatique de l'acide indolacrylique.

Technique. Résultats. — La souche de Colibacille utilisée est la souche Monod de l'Institut Pasteur; le milieu de culture est celui de Lwoff et Quérido (⁴). Les mesures de l'opacité des cultures sont faites à l'électrophotomètre de

---

(¹) *Journ. Biol. Chem.*, 164, 1946, p. 53-61.

(²) *Brit. Journ. Exp. Path.*, 22, 1941, p. 293-298.

(³) Nous avons précédemment montré (Y. Raoul et C. Marnay, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1280-1282) que l'acide nicotinique neutralise également l'action bactériostatique de l'acide indolacrylique.

(⁴) *C. R. Soc. Biol.*, 129, 1938, p. 1039.

Meunier en lumière jaune; les fioles ou les tubes à cuve de lecture photométrique ([5]) permettant de faire les mesures sans transvasement, à des temps variables.

Les additions au milieu de culture et les résultats observés sont résumés dans le tableau.

Action du l-tryptophane (lT), *de l'acide nicotinique* (AcN), *de la dl-phénylalanine* (*dl*P), *de la l-phénylalanine*(lP) *sur la croissance du Colibacille bloquée par l'acide indol-acrylique* (A I Ac).

	lT.	AcN.	*dl*P.	lP.	16h.	20h.
Témoin................	–	–	–	–	+++++	+++++
A I Ac, M^{-4}............	–	–	–	–	tr	+
»	$2{,}5\ M^{-4}$	–	–	–	++	++++
»	$5\ M^{-4}$	–	–	–	++++	+++++
»	–	$1{,}5\ M^{-4}$	–	–	++	+++++
»	–	–	$6\ M^{-6}$	–	+	+++
»	–	–	$3\ M^{-5}$	–	+	++++
»	–	–	$6\ M^{-5}$	–	++	+++++
»	–	–	$3\ M^{-4}$	–	++++	+++++
»	–	–	$6\ M^{-4}$	–	++++	+++++
»	–	–	$3\ M^{-3}$	–	+++	+++++
»	–	–	$6\ M^{-3}$	–	++++	+++++
»	–	–	–	$6\ M^{-5}$	++	–
»	–	–	–	$3\ M^{-4}$	+++	–
»	–	–	–	$6\ M^{-4}$	++++	–
»	–	–	–	$3\ M^{-3}$	+++	–

Les densités optiques sont notées comme l'indique ce qui suit :

0 –0,05..........	tr	0,25–0,35..........	+++
0,05–0,15..........	+	0,35–0,45..........	++++
0,15–0,25..........	++	0,45–0,55..........	+++++

Discussion. — La *l* ou *dl*-phénylalanine débloquent la croissance du Colibacille inhibée par l'acide indol-acrylique à des concentrations similaires à celles qui sont nécessaires avec le tryptophane. Nous avons observé aussi une

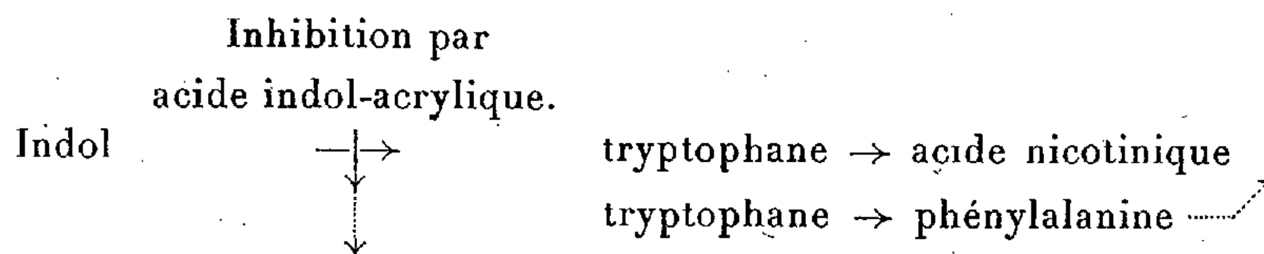
([5]) Y. Raoul, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 24, 1947, p. 183-192.

action de la dioxyphénylalanine sur le Colibacille dans ces conditions; cet effet est difficilement mesurable photométriquement, car il y a, outre l'opacité due à la croissance du microorganisme nettement visible, celle d'une substance colloïdale noire.

Il est admis depuis Fildes ([2]) que l'action bactériostatique de l'acide indol-acrylique est due à l'inhibition de la synthèse du tryptophane; le fait que l'acide nicotinique neutralise aussi efficacement l'action de l'acide indol-acrylique est en accord avec les travaux de Fildes et ceux concernant la synthèse de l'acide nicotinique à partir du tryptophane ([6]).

Par ailleurs, Beerstecher et Shive pensent que le tryptophane est un précurseur de la phénylalanine.

On peut schématiser l'ensemble des réactions invoquées de la façon suivante :



La phénylalanine pourrait agir soit par elle-même, soit en favorisant la synthèse de l'acide nicotinique, soit en intervenant dans un métabolisme commun avec le tryptophane.

Conclusion. — La phénylalanine permet de neutraliser aussi efficacement que le tryptophane l'action bactériostatique de l'acide 2 (3-indolyl) acrylique chez le Colibacille.

IMMUNOCHIMIE. — *Ninhydrine et vitesse de floculation des immunsérums précipitants.* Note (*) de M. **Francis Tayeau**, Mlle **Fernande Faure**, MM. **Eugène Neuzil** et **Raymond Pautrizel**, transmise par M. Henri Devaux.

Diverses substances, agissant sur la protéine-anticorps, possèdent la propriété de retarder ou même de supprimer la formation du précipité spécifique deuxième phase de la réaction de précipitation antigène-anticorps; c'est le cas

---

([6]) Beadle, Mitchell et Nyc, *Proc. Nat. Acad. Sc. U. S. A.*, 33, 1947, p. 155; 34, 1948, p. 1.

(*) Séance du 7 novembre 1949.

par exemple, pour le cétène (1) (2), le formol (3), le monobromacétate (4), le phénylisocyanate, (5), etc.

A notre connaissance, aucune substance définie possédant la propriété d'accélérer cette réaction n'a été décrite. Une telle substance devrait respecter en grande partie les groupements spécifiques tout en diminuant la solubilité de la protéine-anticorps, afin de faciliter sa précipitation. La ninhydrine nous a paru répondre à cette double condition; ce composé, en effet, n'agit que sur les groupements amine libres des protéines (6); d'autre part, il modifie sensiblement la solubilité des protéines (7) (8).

En utilisant le système immunologique précipitant sérum de cheval-antisérum de lapin, nous avons fait agir la ninhydrine sur le sérum anticorps à diverses concentrations. Nous avons alors constaté que si l'on ajoute au sérum précipitant 0,1 % de ninhydrine et qu'on laisse agir cette substance pendant une demi-heure à 37°, la vitesse de floculation de ce sérum ainsi traité se trouve considérablement augmentée, lorsqu'on le met en présence de l'antigène correspondant; un immunsérum non traité qui flocule en 40 minutes, par exemple, flocule en 7 minutes après l'action de la ninhydrine; d'autre part, la spécificité et le titre en anticorps ne se trouvent nullement modifiés. Cette première constatation est entièrement confirmée dans diverses séries d'expériences utilisant toujours l'immunsérum de lapin comme anticorps et les différents antigènes suivants; sérum albumine de cheval, pseudoglobuline de mouton, toxine diphtérique, ovalbumine.

Afin de voir si cette constatation se montrait susceptible d'être étendue aux diverses espèces zoologiques, nous avons effectué de nouvelles expériences en utilisant cette fois l'immunsérum de cheval comme sérum anticorps; nos essais ont mis en jeu les antigènes suivants : toxine diphtérique, toxine tétanique, toxine botulique, toxine pesteuse.

Dans cette nouvelle série d'expériences, la ninhydrine agit en sens inverse : même à très faible concentration, elle retarde la floculation.

Comment expliquer cette différence d'action de la ninhydrine suivant l'origine zoologique du sérum anticorps ?

---

(1) B. F. Chow, *J. Exptl. Med.*, **62**, 1935, p. 179.
(2) G. Sandor et H. Goldie, *C. R. Soc. Biol.*, **126**, 1937, p. 295.
(3) E. Neuzil et R. Pautrizel, *C. R. Soc. Biol.*, **141**, 1947, p, 186.
(4) R. Pautrilel et F. Tayeau, *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 221.
(5) A. Kleczkowski, *Brit. J. Exptl. Path.*, **21**, 1940, p. 1.
(6) V. J. Harding et R. M. Mac Lean, *J. Biol. Chem.*, **25**, 1916, p. 337.
(7) W. L. Dulière, *C. R. Soc. Biol.*, **127**, 1938, p. 1122.
(8) A. H. Eggerth, *J. Immunol.*, **42**, 1941, p. 199.

Nous pensons que cette constatation doit être rattachée à la localisation différente des anticorps. Dans les sérums de lapin, que nous avons utilisés tout d'abord, les anticorps se trouvent surtout dans les euglobulines; dans les sérums antitoxiques de cheval, au contraire, ils font partie des pseudoglobulines. Or, nos essais ont montré qu'à la concentration utilisée, la ninhydrine semblait modifier davantage la solubilité des euglobulines que celle des pseudoglobulines.

Ces diverses expériences montrent que dans la deuxième phase de la réaction de précipitation, les facteurs physicochimiques l'emportent sur les forces d'attraction spécifique.

La séance est levée à 16h.

R. C.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 NOVEMBRE 1949.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE DIMENSIONNELLE. — *Sur la distinction à faire entre systèmes de grandeurs principales et systèmes d'unités.* Note de M. **ROBERT ESNAULT-PELTERIE.**

J'ai eu l'occasion de relever bon nombre de confusions en matière d'Analyse dimensionnelle ([1]); il demeure pourtant encore des points où de nouvelles discriminations sont désirables.

A la lumière de l'expérience que j'ai acquise peu à peu, j'estime maintenant nécessaire de distinguer trois catégories d'équations :

a. Les équations *mathématiques* ([2]) contenant des fonctions quelconques et dont les variables *monomorphes* sont des nombres purs ;

b. Les équations *physiques* ([2]) contenant, soit des fonctions homogènes ayant pour variables des mesures de grandeurs physiques, soit des fonctions quelconques, ayant pour variables des produits indimensionnés de Vaschy ([3]);

c. Enfin, des équations que je qualifierai aujourd'hui de *métrologiques*, par lesquelles nous exprimons les unités d'une grandeur en fonction des unités d'autres grandeurs. Ces équations se réduisent à égaler un produit indimensionné de puissances de nos paramètres physiques à une constante; c'est d'elles seules qu'il s'agit quand on démontre la nécessité de ces combinaisons par produits de puissances. Cette démonstration est habituellement donnée sous une forme dénuée de sens ([4]) et je l'ai rectifiée ([5]).

([1]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 606-609; 227, 1948, p. 493, etc.

([2]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 709-912; *l'Analyse dimensionnelle*, n° 18, p. 80, Lausanne et Paris, 1948; *Dimensional analysis*, n° 18, p. 96, Lausanne, 1949.

([3]) *L'Analyse dimensionnelle*, n° 35-3,1, p. 136; *Dimensional analysis*, n° 35-3,1, p. 169.

([4]) *L'Analyse dimensionnelle*, n° 7-1, p. 45; *Dimensional analysis*, n° 6-1,1, p. 53.

([5]) *L'Analyse dimensionnelle*, n°s 7 à 7-6,1; *Dimensional analysis*, same numbers.

1. L'établissement de ces équations métrologiques s'effectue en raisonnant sur des *mesures;* il repose sur le seul principe que le quotient de deux mesures de même nature est un nombre pur et conduit à la forme [6]

(1) $$g = C l^{\alpha} m^{\beta} t^{\gamma},$$

où les lettres minuscules représentent des *mesures* et C une constante d'intégration qui est un nombre pur dépendant de l'unité choisie en G.

Si l'on fait $C = 1$, l'unité en G n'est plus arbitraire, mais devient une unité dérivée et l'équation (1) devient elle-même

(2) $$g = l^{\alpha} m^{\beta} t^{\gamma}.$$

2. Une première confusion intervient habituellement entre cette équation et l'équation dimensionnelle

(3) $$G = L^{\alpha} M^{\beta} T^{\gamma},$$

en raison de leur identité formelle, alors que la seconde possède une signification tout à fait différente et beaucoup plus générale entre espèces considérées en elles-mêmes, *hors de toute question d'unités* [7].

Mais une nouvelle confusion intervient encore si l'on considère (2) comme une équation *aux unités.*

Si, en effet, on conserve aux symboles de (2) la signification de *mesures,* la multiplication de l'une des unités, en L par exemple, par un nombre C, entraîne que la mesure l soit divisée par ce nombre; si, au contraire, on considère (2) comme une équation *aux unités,* la multiplication de l'unité en L par un nombre C, entraîne la multiplication du symbole l par C, et non plus sa division.

Pour éviter cette confusion, un autre symbolisme est nécessaire; je proposerai que les équations *aux unités* soient écrites

(4) $$u_G = u_L^{\alpha} u_M^{\beta} u_T^{\gamma}.$$

3. Les formules (1), (2) et (4) s'appliquent littéralement aux grandeurs secondaires G qu'on peut *réellement* mesurer au moyen des grandeurs fondamentales seules (je dis bien *fondamentales* = directement mesurables) [8].

Appelons H des grandeurs dont on définit l'unité au moyen d'unités de

---

[6] *L'Analyse dimensionnelle,* nos 7 à 7-4,5; *Dimensional analysis,* same numbers.

[7] *L'Analyse dimensionnelle,* nos 15 et 16; p. 72-77; *Dimensional analysis,* nos 13 et 15, p. 79-84 et 90-91.

[8] *L'Analyse dimensionnelle,* nos 4-2, p. 37; *Dimensional analysis,* nos 4-3, p. 47.

certaines grandeurs secondaires G par des équations simples ([9]) de la forme

$$u_{H_1} = u_{G_1}^{a}\, u_{G_2}^{b} \quad ([10]) \tag{5}$$

et qu'on pourrait, de ce fait, qualifier de *grandeurs tertiaires*.

Les unités de ces grandeurs peuvent elles-mêmes être définies de proche en proche par des équations aux unités de la même forme que (5) :

$$u_{H_3} = u_{H_1}^{c}\, u_{H_2}^{d}. \tag{6}$$

Supposons que nous voulions ériger l'une de ces grandeurs, H_1 par exemple, en grandeur principale; cela revient à dire que nous entendons nous départir de l'unité dérivée qu'impose, en H_1, l'équation (5).

Supposons que la nouvelle unité choisie soit C fois plus grande que cette unité dérivée, C étant un nombre absolu quelconque; la nouvelle unité en H_3 deviendra

$$u'_{H_3} = (C\, u_{H_1})^{c}\, u_{H_2}^{d}. \tag{7}$$

On voit qu'ériger H_1 en grandeur principale revient, *du point de vue métrologique,* à avoir multiplié son unité par C, ce qui entraîne la multiplication de l'unité en H_3 par C^c.

Mais, *du point de vue dimensionnel,* il n'en va nullement de même. Nous pouvons de proche en proche, établir les dimensions de toute grandeur en les fondamentales; supposons que H_1 et H_2 aient pour dimensions fondamentales

$$H_1 = L^{\delta} M^{\varepsilon} T^{\zeta}, \tag{8}$$

$$H_2 = L^{\eta} M^{\theta} T^{\chi}; \tag{9}$$

nous aurons, d'après les équations aux mesures correspondant à (6) et à (7) et aussi bien pour l'une que pour l'autre, l'équation dimensionnelle

$$H_3 = L^{c\delta+d\eta} M^{c\varepsilon+d\theta} T^{c\zeta+d\chi}, \tag{10}$$

puisqu'un facteur numérique n'apparaît pas dans les formules dimensionnelles. Tout ceci demeurerait vrai pour trois principales autres que L, M, T.

4. La différence existant entre les équations aux mesures ou aux unités et les formules dimensionnelles est ainsi clairement apparue.

Nous voyons aussi que, s'il est loisible de créer des systèmes à quatre *unités* principales, il n'est nullement obligatoire de glisser sous de tels systèmes *d'unités* un substratum dimensionnel à quatre principales comme on s'y obstine en vertu de la confusion indiquée.

([9]) *L'Analyse dimensionnelle*, théorème du n° 7-6, 1, p. 54; *Dimensional analysis*, n°s 7-6, 1, p. 66.

([10]) Dans la pratique le nombre des G est de l'ordre de 12; celui des H pouvant être quelconque.

Un système à trois principales (quelles qu'elles soient) ([11]) nous étant *imposé* par la nécessité de respecter la réduction de Vaschy ([12]), et trois des *unités* étant naturellement choisies en ces trois grandeurs principales, je recommanderai, pour la quatrième *unité* (si l'on se trouve conduit à l'adopter pour des besoins de commodité), la dénomination *unité auxiliaire* et non pas principale; encore moins *fondamentale* comme on le fait actuellement par une sorte de besoin néfaste d'égalisation.

A mon avis, ces précautions dans le choix des qualifications sont beaucoup trop négligées et furent à la source d'à peu près toutes les confusions que j'ai dû signaler et dont on s'accommode trop facilement.

Il est regrettable que des discussions métrologiques soient conduites dans la croyance que l'Analyse dimensionnelle se réduit au principe d'homogénéité, dans la confusion des formules (2), (3) et (4) et dans l'ignorance de la réduction de Vaschy, *pivot de cette Analyse dimensionnelle* ([13]).

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la représentation de certains phénomènes par des sommes de fonctions périodiques.* Note (*) de M. **Ernest Esclangon.**

Dans une Note récente ([1]) M. Dolinski indique qu'il a pu produire objectivement des composantes vibratoires (acoustiques et électromagnétiques) résultant de la combinaison de mouvements vibratoires fondamentaux; notamment des mouvements additionnels ou différentiels, de fréquences $\nu_1+\nu_2$ et $\nu_1-\nu_2$ (dont l'objectivité a été souvent discutée), associés aux mouvements vibratoires déterminants de fréquences ν_1 et ν_2. Il émet la proposition que des fréquences fondamentales déterminantes, $\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_p$, donnent naissance à des fréquences dérivées définies par $\nu_1 \pm \nu_2 \pm \nu_3 \pm \ldots \pm \nu_p$; toutes les combinaisons de signes + et — étant à considérer.

La proposition paraît en fait plus générale. Lorsque des *causes* périodiques fondamentales de fréquences $\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_p$ combinent leurs effets et, si ces effets, étant données leurs amplitudes, ne peuvent être considérés comme indépendants et obéissant à la loi de simple superposition des mouvements infiniment petits, l'effet résultant en un point (par exemple, pression ou élongation dans les ondes sonores) est représenté par une fonction complexe du

([11]) L'*Analyse dimensionnelle*, n° 34, p. 130; *Dimensional analysis*, n° 34, p. 161 (énonciation améliorée).

([12]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 957-960; *Dimensional analysis*, n° 34-4, p. 162.

([13]) J'espère qu'on me pardonnera de m'être référé uniquement à mes propres publications, mais il n'en existe aucune autre qui expose ces choses.

(*) Séance du 14 novembre 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 812.

temps, $F(t)$ résultant des réactions des causes déterminantes les unes sur les autres.

Si la fonction $F(t)$ est *bornée*, elle peut être représentée (c'est une propriété purement mathématique) par un développement de la forme

$$(1)\quad F(t) = \Sigma A \cos 2\pi(m_1\nu_1 + m_2\nu_2 + \ldots + m_p\nu_p)t + B \sin 2\pi(m_1\nu_1 + m_2\nu_2 + \ldots + m_p\nu_p)t,$$

$m_1, m_2, \ldots, m_p$ prenant toutes les valeurs entières, positives ou négatives.

Toutefois, deux cas sont à considérer :

1° Il n'existe aucune relation linéaire, à coefficients entiers λ, positifs ou négatifs, de la forme

$$(2)\qquad \lambda_1\nu_1 + \lambda_2\nu_2 + \ldots + \lambda_p\nu_p = 0.$$

On peut dire alors, sous une autre forme, que la fonction $F(t)$ est développable en une série

$$(3)\qquad F(t) = \Sigma f_i(t),$$

où $f_i(t)$ est une fonction périodique, de fréquence ν_i, de la forme

$$(4)\qquad \nu_i = m_1^i\nu_1 + m_2^i\nu_2 + \ldots + m_p^i\nu_p,$$

les entiers m^i n'ayant aucun diviseur commun. La fonction $f_i(t)$ s'obtient en extrayant du développement (1) tous les termes pour lesquels les entiers m_1, $m_2, \ldots, m_p$ sont respectivement des mêmes multiples de $m_1^i, m_2^i, \ldots, m_p^i$, ce qui donne une somme convergente. Toutes les fréquences ν_i sont incommensurables deux à deux.

2° Il existe une ou plusieurs relations de la forme (2) entre $\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_p$. On peut alors trouver un système (et même une infinité) de fréquences η_1, $\eta_2, \ldots, \eta_q$ $(q < p)$ entre lesquelles n'existe aucune relation linéaire à coefficients entiers, de telle sorte que la fonction $F(t)$ se mette sous la forme

$$(5)\quad F(t) = \Sigma C \cos 2\pi(n_1\eta_1 + n_2\eta_2 + \ldots + n_q\eta_q)t + D \sin 2\pi(n_1\eta_1 + n_2\eta_2 + \ldots + n_q\eta_q)t,$$

ou encore sous la forme d'une somme infinie convergente de fonctions périodiques $\Sigma\varphi_i(t)$; $\eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_q$ jouant ici le rôle que jouaient, dans le cas précédent, $\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_p$.

Les fréquences ν_i ou η_i des fonctions composantes peuvent prendre des valeurs très grandes ou très petites, mais alors un certain nombre des entiers m ou n deviennent très grands, et les composantes *très petites* en amplitude.

Il est à remarquer que des causes périodiques déterminantes de fréquences $\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_p$ agissant sur un système, peuvent exciter des effets périodiques de fréquences $\mu_1, \mu_2, \ldots$ attachées en quelque sorte au système lui-même. Tel serait le cas d'un pendule qui, en dehors de la pesanteur, serait soumis à

une force périodique : c'est alors l'ensemble des fréquences $\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_p, \mu_1, \mu_2, \ldots$ qui doit être pris en considération ([2]).

Les développements en *sommes* de fonctions périodiques tels que (1) ou (3) résultent d'opérations purement mathématiques. Au lieu de la fonction $F(t)$, on pourrait développer de la même manière une fonction quelconque de $F(t)$, par exemple le logarithme [avec addition d'une constante à $F(t)$, au besoin], ce qui conduirait à représenter $F(t)$ par un *produit* infini convergent de fonctions périodiques.

La représentation de $F(t)$ en somme de composantes périodiques a-t-elle un sens physique? Avoir un sens physique est une expression un peu confuse. Cela pourrait signifier ici la possibilité de détection séparée de chaque composante par des méthodes physiques directes et appropriées. Cela dépend évidemment de la nature des phénomènes. La méthode des résonateurs, en acoustique, paraît atteindre ce but; des méthodes analogues existent pour les ondes électromagnétiques. On parle souvent de la faculté d'analyse de l'oreille. Cette faculté, en définitive cérébrale, n'est peut-être pas certaine. Elle résulte, pour une bonne part, du fait que les sons qu'on lui soumet simultanément n'ont pas, les uns par rapport aux autres, des intensités rigoureusement constantes, ou comportent, dans les auditions orchestrées, des écarts perceptibles de synchronisation. C'est cette impuissance relative, pour le sens de l'ouïe, de faire véritablement de l'analyse harmonique, qui rend difficile l'appréciation auditive de l'existence séparée des composantes périodiques dérivant de sons simples, telles que les composantes de fréquence additionnelle ou différentielle.

Ceci peut être rapproché, à un certain point de vue, de la perception des ondes lumineuses composées. Si les composantes n'ont pas des intensités relatives fixes, les variations de teinte peuvent fournir des indications sur la composition du faisceau. Si la teinte est invariable, un observateur exercé, tel un peintre jouissant d'une aptitude spéciale et d'une longue expérience personnelle, pourra conclure qu'elle provient de l'association de tels ou tels tons simples, sans qu'il y ait réellement analyse harmonique sensorielle.

Il est de nombreux problèmes où les composantes de la représentation d'un phénomène par une somme de fonctions périodiques ne comportent aucune interprétation physique.

Supposons, par exemple, qu'on veuille représenter de la sorte, en fonction du temps, abstraction faite des variations accidentelles, la température en un lieu, laquelle est sous la dépendance de deux périodes fondamentales, le jour

---

([2]) Dans de telles conditions, le problème peut conduire à de grandes complications. Les fréquences propres au système peuvent ne pas être invariables; c'est ce qui arriverait précisément avec un pendule pesant, soumis à des forces périodiques; sa période propre dépendant en effet de l'amplitude.

solaire j et l'année a. On obtiendra, dans le développement, des fonctions dont les périodes α sont de la forme

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{m}{j} + \frac{n}{a} \qquad (m, n, \text{ entiers}).$$

Or, pour $m=1$, $n=1$ (composante additionnelle qui serait ici très importante), la période α obtenue n'est autre que le jour sidéral, qui, manifestement, ne joue aucun rôle dans le phénomène.

On voit, en définitive, avec quelle prudence doit être envisagée l'interprétation physique des composantes d'une somme de fonctions périodiques représentant un phénomène donné; somme qui, en première analyse, n'est qu'une forme particulière de représentation mathématique.

M. **Jean Cabannes** fait hommage d'un opuscule de M. Hubert Garrigue, intitulé : *La recherche du nuage radioactif*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Émile Borel** présente à l'Académie, de la part de M. **Georges Reboul**, un Ouvrage écrit par celui-ci et M. Jean-Antoine Reboul, intitulé : *Un axiome universel, ses applications aux sciences expérimentales*, qui fait partie des *Monographies des probabilités*, publiées sous sa direction.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Connaissance des Temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs pour l'an* 1950, publiée par le Bureau des Longitudes.

2° Encyclopédie ornithologique. VIII et IX. *Bibliographie ornithologique française*, par René Ronsil, tomes I et II.

3° *Golden Jubilee World Tribute to Dr. Sidney V. Haas* (New York).

4° *Communications de la Faculté des Sciences de l'Université d'Ankara*, tome I.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Quelques formes générales du théorème de Gödel.* Note de M. **László Kalmár**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Dans une Note précédente ([1]) j'ai donné une forme du théorème de Gödel sous des hypothèses minimales. Le but de la présente Note est de montrer

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 963. Nous supposons la connaissance de cette Note.

qu'en faisant quelques hypothèses additionnelles pour la théorie gödelienne [2] en question, on en peut déduire quelques autres formes générales, plus familières, du théorème de Gödel.

1. Nous appelons une théorie Θ une *théorie avec inégalités identiques et équations numériques* si : 1° elle est une théorie avec inégalités identiques; 2° on a donné un ensemble N, une application des paires ordonnées formées d'un élément de N et d'un entier non négatif sur une partie P′ des propositions de Θ ainsi qu'une application des paires ordonnées formées d'une fonctionnelle et d'un entier non négatif sur une partie N′ de N. Les éléments de N sont dits (expressions) *numérales*, ceux de P′ *équations*, ceux de N′ *valeurs de fonction;* l'équation correspondant à la paire (n, l) est écrite $n = l$, la valeur de fonction correspondant à la paire (f, k) est écrite $f(k)$. Deux propositions de la forme $f \not\equiv l$ et $f(k) = l$, ou bien de la forme $n = k$ et $n = l$ avec des entiers k et l différents, sont dites *incompatibles*. Une théorie Θ avec inégalités identiques et équations numériques est dité *inconsistante* s'il y a deux théorèmes de Θ qui sont incompatibles ; elle sera dite ω *non catégorique* s'il y a une fonctionnelle f et un entier non négatif l tels qu'aucune des propositions $f \not\equiv l$, $f(0) = l$, $f(1) = l, \ldots$ n'est un théorème de Θ. Une théorie Θ avec inégalités identiques et équations numériques est dite *bien interprétée* si elle est interprétée, et cela de sorte que pour chaque fonctionnelle f et pour son interprétation φ, toutes les équations $f(0) = \varphi(0)$, $f(1) = \varphi(1)$, ... sont des théorèmes de Θ.

Soit Θ une théorie gödelienne bien interprétée avec inégalités identiques et équations numériques. D'après la forme du théorème de Gödel que j'ai donné dans ma Note précédente (*loc. cit.*), la théorie Θ est ou bien incorrecte ou bien incomplète. Dans le premier cas, soit k un exemple réfutant l'inégalité identique fausse $f \not\equiv l$ qui est un théorème de Θ. On a alors $\varphi(k) = l$ pour l'interprétation φ de f, donc $f(k) = l$ est un théorème et Θ est inconsistante. Dans le deuxième cas, soit $f \not\equiv l$ une inégalité vraie qui n'est pas un théorème de Θ.

Si, pour un entier non négatif k, $f(k) = l$ est un théorème, on a $\varphi(k) \neq l$ et $f(k) = \varphi(k)$ est un théorème pour l'interprétation φ de f et Θ est inconsistante aussi dans ce cas. Si, par contre, aucune des équations $f(0) = l$, $f(1) = l$, ... n'est un théorème, Θ est ω non catégorique. Donc on a le

THÉORÈME DE GÖDEL (forme 2). — *Une théorie gödelienne bien interprétée avec inégalités identiques et équations numériques est ou bien inconsistante ou bien ω non catégorique.*

---

[2] On pourrait modifier la définition des théories gödeliennes en supposant, au lieu qu'elles sont dénombrables, seulement que les fonctionnelles forment un ensemble dénombrable et, pour une correspondance convenable entre les fonctionnelles et une partie des entiers positifs, l'ensemble des démonstrations diagonales est aussi dénombrable.

2. Une théorie Θ est dite une *théorie avec négation* si l'on a donné une application des éléments d'une partie P^* des propositions dans l'ensemble P des propositions. Les éléments de P^* sont dits *propositions niables;* la proposition correspondant à la proposition niable p sera écrite $\neg(p)$. Au lieu de $\neg(n=l)$ on écrit $n \neq l$; une telle proposition sera dite une *inégalité*. Une théorie Θ avec négation est dite *contradictoire* s'il y a un théorème niable p de Θ pour lequel $\neg(p)$ est aussi un théorème; elle est dite *non catégorique* s'il y a une proposition niable p de Θ pour laquelle ni p ni $\neg(p)$ n'est un théorème. Une théorie avec inégalités identiques et équations numériques sera dite une *théorie péanienne* si : 1° elle est une théorie avec négation et même telle que toutes les équations de Θ sont niables; 2° lorsqu'une inégalité identique $f \neq l$ est un théorème de Θ, les inégalités $f(0) \neq l$, $f(1) \neq l$, ... le sont aussi; 3° lorsqu'une équation $n=l$ est un théorème de Θ, toute inégalité $n \neq k$ avec $k \neq l$ l'est de même.

Soit Θ une théorie gödelienne et péanienne, bien interprétée. Si elle est inconsistante, il y a deux théorèmes incompatibles de Θ, ou bien de la forme $f \neq l$ et $f(k)=l$, ou bien de la forme $n=k$ et $n=l$ avec $k \neq l$. Dans le premier cas l'inégalité $f(k) \neq l$, dans le deuxième cas l'inégalité $n \neq k$ est aussi un théorème de Θ, donc Θ est inconsistante en tous les deux cas. C'est-à-dire on a le

Théorème de Gödel (forme 3). — *Une théorie gödelienne et péanienne, bien interprétée, est ou bien contradictoire ou bien ω non catégorique.*

3. Une théorie péanienne Θ est dite *ω-contradictoire* si pour une inégalité identique niable $f \neq l$ de Θ toutes les propositions $\neg(f \neq l)$, $f(0) \neq l$, $f(1) \neq l$, ... sont des théorèmes de Θ. Si dans une théorie péanienne bien interprétée ([3]) et ω non catégorique Θ toutes les inégalités identiques sont niables, elle est ou bien ω-contradictoire ou bien non catégorique. En effet, soit $f \neq l$ une égalité identique pour laquelle aucune des propositions $f \neq l$, $f(0)=l$, $f(1)=l$, ... n'est un théorème de Θ. Alors, pour l'interprétation φ de f, toutes les équations $f(0)=\varphi(0)$, $f(1)=\varphi(1)$, ... sont des théorèmes de Θ, donc on a $\varphi(0) \neq l$, $\varphi(1) \neq l$, ... et donc toutes les inégalités $f(0) \neq l$, $f(1) \neq l$, ... sont des théorèmes de Θ. En cas que $\neg(f \neq l)$ est un théorème, Θ est ω-contradictoire; en cas contraire, Θ est non catégorique. Donc on a :

Théorème de Gödel (forme 4). — *Si dans une théorie gödelienne et péanienne bien interprétée toutes les inégalités identiques sont niables, cette théorie est ou bien ω-contradictoire, ou bien non catégorique.*

([3]) On voit sans peine que la même propriété a lieu pour une théorie péanienne quelconque qui est ω non catégorique, sans être bien interprétée.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur la théorie des caractères.* II. *Mesures et groupes de classe finie.* Note (*) de M. **Roger Godement**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Dans un espace de Hilbert $\mathcal{H}$, soit $\mathbf{R}$ un anneau d'opérateurs de classe finie au sens de J. Dixmier ([1]); on peut alors définir une application linéaire continue $A \rightarrow A^\natural$ de $\mathbf{R}$ sur son centre $\mathbf{R}^\natural$, laquelle possède les propriétés suivantes : *a.* $(AB)^\natural = (BA)^\natural$; *b.* $(A^\natural)^\natural = A^\natural$; *c.* $(A^\natural B)^\natural = A^\natural B^\natural$; *d.* $(A^* A)^\natural = 0$ implique $A = 0$. En outre, toute trace sur $\mathbf{R}$, c'est-à-dire, toute forme linéaire $\sigma(A)$ vérifiant $\sigma(AB) = \sigma(BA)$, $\sigma(A^* A) \geqq 0$, vérifie $\sigma(A) = \sigma(A^\natural)$.

Il n'est pas difficile de voir que les anneaux de classe finie sont caractérisés par le fait qu'ils possèdent un système *complet* de traces.

Appelons *caractère* d'un anneau de classe finie toute trace $\chi(A)$ qui est multiplicative sur le centre de $\mathbf{R}$; ces caractères correspondent biunivoquement aux homomorphismes de $\mathbf{R}^\natural$ sur le corps complexe (c'est-à-dire, aux caractères de $\mathbf{R}^\natural$), et sont définis par l'équation fonctionnelle $\chi(A^\natural B) = \chi(A).\chi(B)$. Les caractères de $\mathbf{R}$ forment un ensemble faiblement compact, et toute trace sur $\mathbf{R}$ est une *somme continue* de caractères de $\mathbf{R}$.

Il existe une relation biunivoque entre les idéaux bilatères maximaux de $\mathbf{R}$ et les caractères de $\mathbf{R}$; l'idéal associé à un caractère χ est défini par l'équation $\chi(A^* A) = 0$.

2. Soient G un groupe localement compact unimodulaire, et μ une trace ([2]) sur G, définissant une d. r. u. $\{\mathcal{H}, U_x, V_x, S\}$ de G. Nous dirons que μ est *de classe finie* si l'anneau $\mathbf{R}^s$ engendré par les $U_x (x \in G)$ est de classe finie. Cette définition équivaut à la suivante : soit $\mathcal{H}^\natural$ l'ensemble des $\mathbf{x} \in \mathcal{H}$ qui vérifient $U_s V_s \mathbf{x} = \mathbf{x}$ pour tout $s \in G$; alors les $U_s \mathbf{x} (s \in G, \ \mathbf{x} \in \mathcal{H}^\natural)$ engendrent l'espace $\mathcal{H}$ tout entier.

Si *toute* trace définie sur G est de classe finie, on dit que G est de classe finie; condition nécessaire et suffisante : tout voisinage de l'unité dans G contient un voisinage invariant par les automorphismes intérieurs de G; exemples : groupes abéliens, groupes compacts, groupes discrets arbitraires.

Tous les caractères d'un groupe de classe finie sont donc de classe finie [c'est-à-dire (I_n) ou (II_1)]; un groupe de classe finie possède un système complet de caractères.

3. Sur un groupe unimodulaire quelconque G, soit μ une trace de classe

---

(*) Séance du 14 novembre 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 152-154. Nous notons $A^\natural$, ce que Dixmier note Tr(A).

([2]) Pour les définitions utilisées dans les paragraphes 2 et 3, *voir* notre précédente Note (*Comptes rendus*, 229, 1949, p. 967).

finie; soient $\{\mathcal{H}, U_x, V_x, S\}$ la d. r. u. correspondante, et $f \to \mathbf{f}$ l'application canonique de $\mathbf{L}$ dans $\mathcal{H}$. L'anneau d'opérateurs $\mathbf{R}^s$ engendré par les U_x contient notamment les

$$U_f = \int U_x . f(x)\, dx \qquad (\text{pour } f \in \mathbf{L}).$$

Considérons alors un caractère ζ de l'anneau de classe finie $\mathbf{R}^s$; on peut lui associer sur G une fonction continue, de type positif, invariante par les automorphismes intérieurs de G; cette fonction χ_ζ est définie par la relation

$$\zeta(U_f) = \int f(x) . \chi_\zeta(x)\, dx \qquad (\text{pour toute } f \in \mathbf{L}).$$

Parmi ces fonctions χ_ζ, celles qui ne sont pas nulles forment dans l'espace L^∞ construit sur la mesure de Haar un ensemble X qui est localement compact pour la topologie faible de L^∞. Maintenant, la mesure $\chi(x)\, dx$ est, pour chaque $\chi \in X$, une trace sur G donc définit une d. r. u. de G que nous noterons $\{\mathcal{H}(\chi), U_x(\chi), V_x(\chi), S(\chi)\}$, ainsi qu'une application canonique $f \to \mathbf{f}(\chi)$ de $\mathbf{L}$ dans $\mathcal{H}(\chi)$. Les fonctions $\mathbf{f}(\chi)$ forment sur X une famille Λ de *champs de vecteurs*, qui vérifie les axiomes (Λ_1), (Λ_2), (Λ_3) des sommes continues ([3]).

Nous avons démontré le théorème suivant : *il existe sur* X *une mesure de Radon positive* $\hat{\mu}$ *telle que :*

a. pour toute $f \in \mathbf{L}$, *la fonction* $\|\mathbf{f}(\chi)\|$ *est de carré sommable sur* X *pour la mesure* $\hat{\mu}$, *et l'on a*

$$\int_G f \star \tilde{g}(x)\, d\mu(x) = <\mathbf{f}, \mathbf{g}> = \int_X <\mathbf{f}(\chi), \mathbf{g}(\chi)> . d\hat{\mu}(\chi) \qquad (\text{pour } f, g \in \mathbf{L});$$

b. L'espace $\mathcal{H}$ *est canoniquement isomorphe à l'espace des champs de vecteurs de carré sommable sur* X *construit à partir de* $\hat{\mu}$ *et de la famille* Λ;

c. si le groupe G *est séparable, presque tout* $\chi \in X$ *est un caractère* (de classe finie) *de* G.

Dans cette dernière hypothèse, si l'on note X_0 l'ensemble des caractères $\chi \in X$, on voit que l'on peut choisir, dans les facteurs $\mathbf{R}^s(\chi)(\chi \in X_0)$, des traces telles que l'on ait

$$\int_G f \star \tilde{g}(x)\, d\mu(x) = \int_{X_0} \mathrm{Sp}(U_f(\chi) U_g(\chi)^*)\, d\hat{\mu}(\chi) \qquad (\text{pour } f, g \in \mathbf{L}).$$

Le résultat précédent nous donne donc une théorie à peu près complète des caractères dans les groupes séparables de classe finie.

([3]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1321-1323.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur la décomposition directe des groupes abéliens.* Note de M. **Tibor Szele**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans ce qui suit nous ne considérons que des groupes abéliens avec la notation additive. Désignons par p un nombre premier quelconque, et soit $C(p^n)$ $(n = 1, 2, \ldots, \infty)$ dans le cas où $n < \infty$ le groupe cyclique d'ordre p^n, dans le cas où $n = \infty$, le groupe de Prüfer [1] du type (p^∞) [c'est-à-dire le plus petit groupe contenant tous les $C(p^n)$ $(n < \infty)$]. En utilisant le théorème de structure de MM. Ulm et Zippin, M. R. Baer [2] a démontré, que seuls les groupes $C(p^n)$ $(n = 1, 2, \ldots, \infty)$ sont irréductibles parmi les groupes *dénombrables* (un groupe est dit irréductible, s'il n'admet pas de décomposition en sommes directes). La restriction relative aux groupes dénombrables est essentielle dans la démonstration de M. Baer, comme le théorème de structure de MM. Ulm et Zippin (et ceci est bien connu) ne se généralise pas aux groupes non dénombrables. Dans cette Note je me propose de démontrer que ledit théorème de M. Baer est valable sans la restriction concernant la dénombrabilité. Je vais démontrer de même que chaque groupe mixte est irréductible (j'appelle groupe mixte un groupe contenant des éléments d'ordre infini et des éléments $\neq 0$, d'ordre fini).

Théorème. — *Chaque groupe abélien avec torsion admet une décomposition directe dont un terme est un* $C(p^n)$ $(n = 1, 2, \ldots, \infty)$ (*ce dernier peut d'ailleurs être identique au groupe*).

Remarque. — Le théorème remarquable de H. Prüfer [1], à savoir : chaque groupe de torsion, primaire et de rang fini est la somme directe des groupes $C(p^n)$, est une conséquence immédiate du théorème ci-dessus.

Dans notre démonstration, qui est courte et élémentaire, nous utilisons le lemme suivant :

Lemme. — *Si chaque élément du groupe* P *a l'ordre* p^i, $i = 1, \ldots, k$, *où* p *est un nombre premier fixe, alors chaque sous-groupe* $C(p^k)$ *de* P *est un terme d'une décomposition directe de* P.

Remarque. — Le théorème fondamental des groupes abéliens finis découle immédiatement de ce lemme.

Pour démontrer notre lemme, soit a un élément d'ordre p^k de P, B un sous-groupe *maximum* de P, pour lequel $\{a\} \cap B = 0$ [3]. (En d'autres termes : pour chaque sous-groupe B', tel que $B \subset B' \subseteq P$, on a $\{a\} \cap B' \neq 0$). Démontrons que la décomposition $P = \{a\} + B$ a lieu. Si celle-ci était en défaut on aurait

---

(1) *Untersuchungen über die Zerlegbarkeit der abzählbaren Abelschen Gruppen* (*Math. Zeitschrift*, 17, 1923, p. 35-61).

(2) *Quart. J. of Math.*, (Oxford), 6, 1935, p. 217-221.

(3) Nous désignons par { } le sous-groupe engendré par les éléments qui figurent entre les crochets.

un élément x de P, pour lequel $p^j x \in \{a\} + B$, mais $p^{j-1} x \notin \{a\} + B (j \geq 1)$. Posons $y = p^{j-1} x$; alors $y \notin \{a\} + B$, mais $py \in \{a\} + B$, donc $py = ra + b (b \in B)$. Dans cette relation $p | r$, car autrement on aurait $p^k y = p^{k-1} ra + p^{k-1} b \neq 0$ (étant donné que $p^{k-1} ra \neq 0$), contrairement à notre hypothèse $p^k P = 0$. Ainsi : $r = pr'$, $py = pr' a + b$, $p(y - r' a) = b$. Nous avons alors obtenu que pour $z = y - r' a$ (d'après $y \notin \{a\} + B$), $z \notin \{a\} + B$, mais $pz (= b) \in B$. Ceci montre que pour $B' = \{B, z\}$: $B \subset B' \subseteq P$, et l'on a $\{a\} \cap B' = 0$, en contradiction avec la construction de B.

Procédons à la démonstration du théorème. Soit G un groupe quelconque dont le sous-groupe T, formé par des éléments d'ordre fini n'est pas réduit à o. Si pour chaque nombre premier p on a $pT = T$, alors G contient un sous-groupe $C(p^\infty)$ (en choisissant p de telle façon que T contient un élément d'ordre p); $C(p^\infty)$ est toujours un terme d'une décomposition directe ([4]). Dans ce qui suit nous pouvons alors supposer que p est tel que $pT \neq T$. Cela veut dire que T contient un élément c, pour lequel *l'équation* $px = c$ *n'admet pas de solution* x (dans T). Parmi les éléments ayant cette propriété il en existe un dont l'ordre est une puissance de p (comme $pT \neq T$ il existe un élément c, dont l'ordre est divisible par p; soit alors $p^u v$ $(u > 0)$, $p + v$ l'ordre de c; déterminons les entiers s et t tels que $sp^u + tv = 1$. Ainsi $c = sp^u c + tvc$, et cette relation montre que tvc est un élément cherché). On a alors un élément c, tel que $px = c$ n'admet pas de solution dans G, l'ordre de c est p^k, où $k > 0$ est *minimum*. Montrons qu'on a alors $G = \{c\} + G^\star$. Nous avons $p^{k-1} c \notin p^k G$, d'après le choix de c. En effet, une équation $p^{k-1} c = p^k d$ $(d \in G)$ entraînerait $p^{k-1}(c - pd) = 0$ où l'élément $c' = c - pd$ posséderait les mêmes propriétés que c, et c' aurait un ordre inférieur à celui de c. La classe $\bar{c}$ de l'élément c a donc l'ordre p^k dans le groupe $G/p^k G$. D'après le lemme on a ainsi $G/p^k G = \{\bar{c}\} + \bar{G}^\star$, ce qui entraîne $G = \{c\} + G^\star$, où $G^\star$ est le groupe formé des éléments des différentes classes, qui constituent les éléments du groupe $\bar{G}^\star$. La démonstration est alors achevée.

THÉORIE DE LA MESURE. — *Sur l'unicité des mesures invariantes.* Note de M. **Henry M. Schaerf**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. Le but de cette Note est l'étude générale de l'unicité des mesures invariantes et l'application des résultats de cette étude à quelques cas spéciaux.

Soit T une tribu ([1]) de sous-ensembles *mesurables* d'un ensemble E. Soit R

([4]) *Voir* par exemple : R. Baer, *Ann. of Math.*, 37, 1936, p. 766-781.

([1]) Nous employons la terminologie du livre de M. A. Weil, *L'Intégration dans les groupes topologiques et ses applications*, Hermann, Paris, 1938.

une relation binaire définie entre les éléments de certains couples d'ensembles mesurables; elle sera dite *régulière* si elle est une relation d'équivalence et si ARB entraîne que, pour chaque représentation de B comme réunion d'une suite d'ensembles mesurables et disjoints B_i, il existe une représentation correspondante de A comme réunion d'une suite d'ensembles mesurables et disjoints A_i tels que l'on ait $A_i R B_i$ $(i=1, 2, \ldots)$. Une mesure m définie sur T sera appelée *invariante par* R si ARB entraîne $m(A)=m(B)$. Soit T_m la famille d'ensembles $X \in T$ avec $m(X)>0$. On dira que m a la *propriété d'intersection par rapport à* R si, quels que soient les éléments A et B de T_m, il existe des éléments A′ et B′ de T_m tels que l'on ait $A' \subset A$, $B' \subset B$ et $A'RB'$.

Théorème 1. — *Pour qu'une mesure invariante par* R *soit unique (à un facteur constant près) il suffit et, si* R *est régulière, il faut que chaque mesure invariante par* R *ait la propriété d'intersection par rapport à* R.

2. Appliquons le théorème 1 au cas où T est une tribu de sous-ensembles d'un groupe abstrait G. On écrira ARB si T contient A et B et si G contient un élément g tel qu'on ait $A=gB$. On dira qu'une mesure m définie sur T a la *propriété d'intersection* si elle l'a par rapport à R; elle sera appelée *zéro-invariante à gauche* si $m(A)=0$ et $g \in G$ entraîne $m(gA)=0$.

Désignons par T_2 la plus petite tribu sur $G \times G$ qui contient tous les ensembles $A \times B$ tels que T contient A et B. La tribu T sera dite *normale* si elle est invariante par G et si, quels que soient les éléments A et B de T, T contient un ensemble $D=BA^{-1}$ et T_2 contient l'image $\{A, B\}$ de $A \times B$ par la transformation $[(x, y) \to (yx, y)]$.

Théorème 2. — *Si* T *est une tribu normale sur un groupe abstrait* G, *chaque mesure* m *sur* T *qui est zéro-invariante à gauche a la propriété d'intersection. Donc une mesure sur* T *invariante à gauche est unique à un facteur constant près.*

Ce théorème est plus général qu'un résultat dû à M. A. Weil (*loc. cit.*, p. 148-149); sa démonstration est presque immédiate.

En effet, soit $A \in T$, $B \in T_m$ et soit D un ensemble mesurable contenant BA^{-1}. Si $f(x, y)$ est la fonction caractéristique de $\{A, D\} \cup B \times D$, alors le calcul de $\iint_{B \times D} f(x, y)\, dm(x)\, dm(y)$ à l'aide du théorème de Fubini montre que $A^{-1} \in T$ et qu'on a

$$\int_B m(xA^{-1})\, dm(x) = \int_B m(yA \subset B)\, dm(y). \tag{1}$$

En substituant A^{-1} pour A dans (1) on voit que $A \in T_m$ entraîne $A^{-1} \in T_m$; donc la deuxième intégrale dans (1) est positive, d'où découle la propriété d'intersection de m.

3. Voici une application du théorème 1 à la théorie ergodique.

Soit G un groupe de transformations biunivoques de l'ensemble E en E, tel que la tribu T est invariante par G et contient E. Une mesure m est appelée

métriquement transitive par rapport à G si, quel que soit l'ensemble mesurable A invariant par G, on a $m(A)m(E-A)=0$. La tribu T a la *propriété de G. D. Birkhoff par rapport à* G si G contient des éléments différents de la transformation identique I et si chaque mesure invariante par un sous-groupe $G' \neq \{I\}$ de G est métriquement transitive par rapport à G'.

THÉORÈME 3. — *Si une mesure invariante par* G *est unique à un facteur constant près, alors elle est métriquement transitive par rapport à* G [2]; *l'inverse est vraie si* G *est au plus dénombrable. De plus, pour que la tribu* T *ait la propriété de G. D. Birkhoff par rapport à* G, *il faut et il suffit que, quel que soit l'élément* $J \neq 1$ *de* G, *une mesure invariante par le groupe engendré par* J *soit unique à un facteur constant près.*

4. Une mesure m est appelée *non atomique* si chaque ensemble $A \in T_m$ contient $B \in T_m$ tel que l'on ait $A - B \in T_m$. La famille de tous les ensembles sur lesquels une mesure prend une valeur fixe est appelée *famille de niveau* de cette mesure. Une classe L de familles de niveau d'une mesure m est dite *bornée* s'il existe une famille de niveau de m dont les éléments contiennent tout ensemble appartenant à une famille quelconque de L.

Une application du théorème 1 donne le théorème suivant.

THÉORÈME 4. — *Une mesure non atomique est déterminée, à un facteur constant près, par chaque classe bornée et infinie de ses familles de niveau.*

GÉOMÉTRIE. — *Quelques théorèmes sur la géométrie du triangle.* Note de M. **Aloys Herrmann**, présentée par M. Jean Chazy.

Voici quelques théorèmes suggérés par l'étude des triangles de Morley.

1. Soient G_{AC} et G_{AB} deux droites issues du sommet de l'angle $\widehat{CAB} = 2\alpha$ d'un triangle ABC, et faisant respectivement avec la bissectrice intérieure les angles $\alpha' = \alpha + \delta$ et $-\alpha'$; de même G_{BA} et G_{BC} issues de B et inclinées de $\beta' = \beta + \varepsilon$ et $-\beta'$ sur la bissectrice intérieure de l'angle $\widehat{ABC} = 2\beta$; G_{CB} et G_{CA} inclinées de $\gamma' = \gamma + \zeta$ et $-\gamma'$ sur la bissectrice intérieure de l'angle $\widehat{BCA} = 2\gamma$. Soient A', B', C' les intersections de G_{BC} et G_{CB}, de G_{CA} et G_{AC}, de G_{AB} et G_{BA}.

THÉORÈME 1. — *Les droites* AA', BB', CC' *ainsi définies sont concourantes.*

En particularisant la valeur des angles δ, ε, ζ, on retrouve par une seule démonstration ces propriétés que les médianes sont concourantes, ainsi que les hauteurs, ainsi que les bissectrices intérieures, ainsi qu'une bissectrice intérieure et deux bissectrices extérieures.

Si l'on prend encore $\delta = -(\alpha/3)$, $\varepsilon = -(\beta/3)$, $\zeta = -(\gamma/3)$, on parvient au

(2) Cette part du théorème est connue et immédiate.

Théorème 2. — *Un triangle et le triangle de Morley correspondant sont homologiques.*

2. Une extension du théorème de Morley est-elle possible, dans le sens suivant : un triangle étant donné, est-il possible par une construction géométrique simple de lui faire correspondre un triangle équilatéral ?

Un cas particulier est celui-ci :

Théorème 3. — *Si, avec les notations du théorème* 1, *on prend*

$$\alpha'=\alpha+\frac{\pi}{6},\quad \beta'=\beta+\frac{\pi}{6},\quad \gamma'=\gamma+\frac{\pi}{6};\quad \alpha''=\alpha-\frac{\pi}{6},\quad \beta''=\beta-\frac{\pi}{6},\quad \gamma''=\gamma-\frac{\pi}{6},$$

les deux triangles A'B'C', A''B''C'' *ainsi définis sont équilatéraux, et de plus homologiques au triangle* ABC *d'après le théorème* 1.

Pour répondre d'une manière générale à la question posée, désignons par z_1, z_2, z_3 les affixes des trois sommets du triangle ABC dans le plan complexe, et par Z_1, Z_2, Z_3 les affixes des trois points A', B', C' définis à l'aide de trois nombres complexes k_1, k_2, k_3 par les relations

$$Z_1-z_2=k_1(z_3-z_2),\qquad Z_2-z_3=k_2(z_1-z_3),\qquad Z_3-z_1=k_3(z_2-z_1).$$

Si l'on exprime que le triangle A'B'C' est équilatéral, on trouve une condition nécessaire et suffisante :

Théorème 4. — *Étant donnés trois nombres complexes k_1, k_2, k_3, liés par les trois relations*

$$k_2=1+\varepsilon k_1,\qquad k_3=1+\varepsilon k_2,\qquad k_1=1+\varepsilon k_3,$$

compatibles pourvu que ε désigne l'une des racines cubiques imaginaires de l'unité, le triangle A'B'C' *obtenu par la construction qui précède est équilatéral.*

Le cas où les trois nombres k_1, k_2, k_3 sont égaux conduit au théorème 3. Dans le cas général, le triangle ABC de départ et le triangle équilatéral A'B'C' obtenu ne sont pas homologiques.

Théorème 5. — *Seuls les triangles de Morley sont homologiques au triangle* ABC, *selon la construction précédemment indiquée.*

On peut se demander s'il est possible de généraliser le théorème de Morley en prenant les droites qui partagent en n parties égales les angles du triangle, et en associant les $k^{\text{ièmes}}$ à partir de chaque côté pour former un triangle équilatéral. Cela est impossible en général, dès que n est supérieur à 3.

Les triangles de Morley et les deux triangles équilatéraux construits par le procédé qui conduit au théorème 3, sont homologiques au triangle de départ. Il en résulte que *les six points d'intersection des côtés du triangle* ABC *et de l'un des triangles précités, en dehors des points d'intersection des côtés homologues, sont sur une même conique.*

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Fonctions aléatoires laplaciennes.*
Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Paul Montel.

1. Soit $Z(t)=X(t)+iY(t)$ la fonction aléatoire définie pour $t>t_0$, à une constante près, par l'équation

$$\delta Z(t)=dt\int_{t_0}^{t} f(t,u)\,dZ(u)+\sigma(t)(\xi+i\eta)\sqrt{dt} \qquad (dt>0), \tag{1}$$

où ξ et η sont, pour chaque valeur de t, des variables laplaciennes réduites, indépendantes l'une de l'autre et aussi des valeurs antérieures de $Z(u)$ ([1]).

Si $\sigma(t)>0$, le processus n'est pas dégénéré, et une réduction triviale permet de supposer $\sigma(t)=1$. Si alors $W(t)$ est la fonction du mouvement brownien (ou fonction de Wiener) dans le plan complexe, et si l'on pose $Z=W+U$, la fonction U est dérivable, et l'équation (1) se réduit à une équation de Volterra en dU/dt, dont le second membre est une fonctionnelle connue de W.

Soit d'autre part $\Gamma(t,u)$ la covariance hermitienne de la fonction $Z(t)$. Posons $\gamma(t,u)=\partial^2\Gamma(t,u)/\partial t\,\partial u$. On a

$$\gamma(t,x)\doteq 2\sigma^2(x)f(t,x)+\int_0^t f(t,u)\gamma(u,x)\,du. \tag{2}$$

Si l'on se donne $\sigma^2(x)$ et $f(t,x)$, cette équation est, pour chaque x fixe, une équation de Volterra en $\gamma(t,x)$. Si, inversement, on se donne $\Gamma(t,u)$ (qui, d'après M. Loève, doit être de type non négatif) et que $\sigma^2(x)$, qu'on déduit aisément de cette donnée, soit positif, elle est, pour chaque t fixe, une équation de Fredholm en $f(t,x)$. Ainsi l'équation (2) permet de passer de la définition du processus par l'équation (1) à sa définition par sa covariance, ou inversement ([2]).

Si une des fonctions f et γ est réelle, l'autre l'est aussi. Le processus est alors *à corrélation réelle*, et $X(t)$ et $Y(t)$ sont deux réalisations indépendantes d'un même processus réel.

Si $t_0=-\infty$, pour que le processus soit stationnaire, il faut et il suffit que $\sigma^2(t)$ soit constant et que $f(t,u)$ soit de la forme $g(t-u)$. Si t_0 est fini, il vaut mieux utiliser la relation (2) et faire intervenir la fonction $\gamma(t,u)$; la condition est

---

([1]) On peut généraliser la présente théorie en remplaçant $\sigma(\xi+i\eta)$ par $\sigma_0\xi+i\sigma_1\eta$, ξ et η pouvant avoir une corrélation connue, mais restant indépendants du passé. Mais, dans ces conditions, le processus n'est plus déterminé par la seule donnée de sa covariance hermitienne.

([2]) On peut introduire dans (1) un terme $g(t)\,Z(t_0)$, et se donner en outre, pour $Z(t_0)$, la forme $\sigma_0\xi_0+i\sigma_1\eta_0$. Le processus n'est alors plus défini seulement à une constante près, et l'équation (2) est remplacée par une relation entre l'ensemble des données introduites dans (1) et la covariance $\Gamma(t,u)$.

alors que $\sigma^2(t)$ soit constant et $\gamma(t, u)$ de la forme $\varphi(t-u)$. Si cette fonction φ est paire, le processus est réversible.

2. Supposons $t_0=0$, et $f(t, u)$ défini pour $0<u<t<2\pi$, et de la forme $-(1+\varepsilon)d\varphi(t)/dt$, où $\varepsilon=\varepsilon(t, u)\to 0$ et $\varphi(t)\to+\infty$ quand $t\to 2\pi$. On a alors presque sûrement $Z(2\pi)=Z(0)$ et l'on peut définir une fonction $P(t)$, de période 2π, pr. s. continue, et égale à $Z(t)$ dans $(0, 2\pi)$. Dans le cas général, on obtient aussi une fonction $P(t)$ périodique et continue en ajoutant à $Z(t)$ un terme linéaire en t. En tout cas $P(t)$ peut être représenté par une série de Fourier $\Sigma A_n e^{nit}$, les A_n constituant une suite de variables laplaciennes complexes, parfois indépendantes, en tout cas exprimables en fonction d'une suite de variables laplaciennes réelles et réduites, ξ_n et η_n, indépendantes les unes des autres. Les relations qui lient les A_n à la covariance de $P(t)$, et par suite à $\gamma(t, u)$, sont bien connues. Donc, par l'intermédiaire de l'équation de Volterra (2), on sait, dans un intervalle fini, intégrer l'équation (1), c'est-à-dire exprimer $P(t)$, et ensuite $Z(t)$, par une fonction connue du temps et des paramètres aléatoires ξ_n et η_n.

Dans le cas stationnaire, qui est ici trivialement stationnaire, on a $E\{A_p\bar{A}_q\}=0$, $(p\neq q)$, et, en posant $E\{|A_n|^2\}=c_n^2$, on a $A_n=c_n(\xi_n+i\eta_n)$.

3. *Cas particuliers.* — 1° Si $f=0$ et $\sigma=1$, $Z(t)\doteq W(t)$, et la fonction P correspondant à ce cas peut s'obtenir directement en prenant $\sigma=1$, $f=-1/(2\pi-t)$. On a dans ce cas $n\sqrt{2\pi}A_n=\xi_n+i\eta_n$, $(n\neq 1)$, formule indiquée dès 1934 par R. Paley et N. Wiener [3].

2° Soit $F(u, v)$ la fonction du mouvement brownien à deux paramètres, dans le plan complexe. Posons $Z(t)=P(t)\doteq F(\cos t, \sin t)$. Alors pour $x-u\neq 0$, $\gamma(u, x)=-(1/2)|\sin(x-u)/2|$, et l'équation (2) donne

$$(4)\qquad f(t, u)=\frac{\frac{u}{2}\left(1+\cos\frac{t}{2}\right)-\left(\frac{t}{2}+\sin\frac{t}{2}\right)}{4\left(1+\cos\frac{t}{2}\right)+t\sin\frac{t}{2}};$$

Si d'autre part on suppose $F(0, 0)=0$, il vient

$$(5)\qquad P(t)=\sqrt{1-\frac{2}{\pi}}(\xi_0+i\eta_0)+\sum_{n\neq 0}\sqrt{\frac{2}{\pi(4n^2-1)}}(\xi_n+i\eta_n)e^{nit},$$

formule qui, à une constante près, définit l'intégrale de l'équation (1), pour $\sigma=1$ et pour la détermination (4) de $f(t, u)$.

---

[3] *Fourier transforms in the complex domain* (*Amer. math. Soc., colloquium public.*, XIX, 1934). *Voir* n° 37 (p. 146-147). Il nous semble d'ailleurs que l'étude de $W(t)$ est plus simple en partant de l'ancienne définition de Wiener, maintenant classique, qu'en partant, comme dans cet Ouvrage, de la série de Fourier de cette fonction.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur le spectre de Nova Scuti* 1949.

Note (*) de M. **Charles Fehrenbach**, présentée par M. André Danjon.

Nous avons observé cette Nova avec le spectrographe du télescope de $1^m,20$ de l'Observatoire de Haute-Provence (88 Å par millimètre vers 4500 Å), à partir du 2 août, donc avant le maximum du 6 (magnitude 8,5).

1° Le 3 août, $1^h 30$ TU : spectre d'absorption avec des raies peu contrastées : H_α, H_β, H_γ, H_δ; la raie D de NaI, le multiplet 10 de OI; seule H_α a une composante en émission déplacée vers le rouge.

2° Le 3 août, $21^h 30$ TU : spectre d'absorption plus fourni par le nombre et l'intensité des raies. Aux éléments précédents s'ajoutent FeII et TiII. H_α a la même structure que précédemment.

3° Le 4 août $23^h 30$ TU : spectre d'absorption avec de très nombreuses et très fortes raies. L'émission se développe : H_β a maintenant la même structure que H_α la veille. L'absorption de H_α n'est plus visible. On commence à soupçonner d'autres émissions.

4° On assiste ensuite à une diminution du spectre d'absorption et une augmentation du spectre d'émission. Le 5 août l'absorption est encore prédominante, mais le 7 août l'émission l'emporte; à partir du 10 août le spectre est presque identique à celui que nous avons observé pour Nova Cygni 1948 (1).

Un caractère remarquable est la très faible intensité des radiations de courte longueur d'onde. Seul le cliché du 4 août, très surexposé, nous a permis d'atteindre 4050 Å, alors que Nova Cygni 1948 était facilement mesurable jusqu'aux raies H et K. Les conditions expérimentales ne peuvent expliquer cette différence; elle est probablement due à une forte absorption interstellaire.

Le spectre avant le maximum, les 4 et 5 août, est celui d'une supergéante de classe cA, très voisin de celui de Nova Aquilæ 1918 vers le 10 juin 1918 (2), toutefois les raies sont simples. Il ressemble donc au spectre de α Cygni, mais les raies métalliques sont beaucoup plus intenses et déplacées vers le violet.

Nous avons calculé la vitesse radiale de ce déplacement en nous servant des longueurs d'onde publiées pour α Cygni (3).

Le 4 août : — 307 km/sec; Le 5 août : — 329 km/sec.

(*) Séance du 7 novembre 1949.

(1) Mlle M. Bloch et Ch. Fehrenbach, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 265 et *Pub. O. H. P.*, série B, n° 14.

(2) E. S. Pearson, *Ann. Obs. Cambridge*, Vol. IV, Part. III, p. 87.

(3) O. Struve et P. Swings, *Apo. J.*, **94**, 1941, p. 345.

Tableau des éléments identifiés.

Éléments.	Pot. Ion. (Volts).	Raies ou Nos multiplets.
H............	13,54	H_α (Émission), H_β, H_γ, H_δ.
NaI..........	5,12	D_1 et D_2
FeII..........	16,16	27-28-37-38-42-43 très forts 32-36-48-49-50 forts
TiII..........	13,6	19-20-31-40-41-50-51-70-82-86-104-105 très forts 21-48-92-93-94 faibles
ScII..........	12,8	7-14-15-24
CrII..........	16,6	43-44 forts 18-19-24-26-30-31-162-165 faibles
VII...........	14,1	25-98 et probablement 56
CaI...........	6,09	4226 Å (Résonance)
SrII..........	10,98	4077 et 4215 Å
MgII..........	14,97	4481 Å (Résonance)
OI............	13,56	9-10-11 et 12
SiII...........	16,27	2-3-5
NI............	14,49	16-20-21
CI............	11,20	6

Les éléments ZrII et YII sont incertains.

Le potentiel d'ionisation correspond à 14,0 Volts.

Le spectre d'émission a les mêmes raies que le spectre d'absorption, mais elles sont déplacées vers le rouge. La vitesse radiale est de l'ordre de +140 km/sec, elle varie beaucoup d'une raie à l'autre. Les raies de H, NaI et certaines raies de FeII ont une structure complexe. Les raies les plus intenses correspondent à H, NaI, FeII, TiII et OI; on observe aussi les éléments ScII et CrII.

On ne peut redonner ici la liste de tous les multiplets observés. Les raies de FeII sont très intenses. Les intensités des multiplets sont très différentes de celles observées en absorption. Les multiplets 42, 48 et 49 sont très intenses; les multiplets 27, 28, 37, 38, 39, 74 sont bien observables; les multiplets 32, 43 et 50 sont incertains. Les multiplets 9, 12, 17, 20, 21 (prédits par le calcul), 186 et 205 (invisibles en absorption) sont observés en émission. Nous remarquons l'absence de la raie de résonance de MgII. Dès le 8 août, les raies interdites de [OI] sont très nettes; la raie aurorale est plus intense que les deux raies rouges.

Ce spectres d'émission a subsisté très longtemps avec des changements d'intensité, mais le cliché pris le 8 septembre montre de forts changements qui seront l'objet d'une Note ultérieure.

THÉORIE CINÉTIQUE. — *Une équation d'état acceptable. Discussion.*
Note (*) de M. **Yves Rocard**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une Note précédente nous avons proposé et justifié l'équation d'état

$$(1)\qquad P = \frac{RT\, e^{\frac{b_1}{\nu}}}{\nu\left(1 - \frac{b^2}{8\nu^2}\right)} - \frac{a_1}{\nu^2} \qquad \text{avec} \quad \frac{b_1}{b} = \frac{a_1}{a} = e^{\frac{cT_c}{T}\left[1-\left(\frac{\nu_m}{\nu}\right)^{\frac{1}{3}}\right]^2};$$

nous nous proposons maintenant de :

a. Faire connaître les résultats numériques de sa discussion;

b. Montrer que la loi de force intermoléculaire de Van der Waals-London y trouve aussi une excellente justification.

L'indice c caractérise les valeurs à l'état critique, T_1 est la température à laquelle le gaz est parfait aux basses pressions, T_2 est celle où l'effet Joule-Thomson s'annule aux basses pressions.

Nous poserons

$$c = 1,34 \qquad \text{et} \qquad \frac{\nu_m}{\nu} = \frac{b}{\sqrt{8}\,\nu}.$$

1° Avec ces valeurs, la discussion de (1) donne

$$\frac{RT_c}{P_c V_c} = 3,84, \qquad \frac{V_c}{R}\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right) = 2,05, \qquad \frac{T_1}{T_c} = 2,59, \qquad \frac{T_1}{T_2} = 0,56.$$

Toutes ces valeurs sont identiques aux valeurs expérimentales à 1 ou 2 % près pour la série de corps dite *normale*.

Les pressions de vapeur saturantes sont très bien représentées :

Pour $T = 0,67\,T_c$ on calcule $P = 0,032\,P_c$ (au lieu de 0,038 benzène, 0,025 acétate d'éthyle).

Pour $T = 0,50\,T_c$ on calcule $P = 0,0006\,P_c$ (au lieu de 0,0011 benzène, 0,0004 acétate d'éthyle). De 0,50 à 0,67 T_c la dilatation du liquide est calculée de 10 % au lieu de 11 % pour le benzène.

2° On peut d'autre part calculer rigoureusement c pour une loi de force donnée : cRT_c/N s'évalue en calculant $\int_\sigma^\infty \frac{A}{r^n}\,dr$, σ étant le diamètre de la molécule, et A/r^n la force d'attraction, tandis que a s'évalue par

$$\frac{2\pi}{3} N^2 \int_\sigma^\infty r^3 \frac{A}{r^n}\,dr.$$

Pour $n = 7$, on trouve la relation

$$(2)\qquad c = \frac{a}{2bRT_c}$$

(*) Séance du 14 novembre 1949.

qui nous donne exactement $c = 1,34$ avec les résultats de la discussion de (1). $c = 1,34$ est donc caractéristique de $n = 7$ qui est justement la loi de force de F. London (attraction d'une molécule polarisable par le dipôle instantané qui existe dans chaque molécule).

3° On trouve d'autres vérifications très importantes dans le domaine de la tension superficielle. Nous avons autrefois donné une formule rigoureuse [1] pour la tension superficielle H déduite de la théorie cinétique

$$(3) \qquad \mathrm{H} = \sqrt{\frac{2}{5}\frac{a\sigma^2}{\mathrm{M}^2}\left(\frac{n-4}{n-6}\right)} \int_{\rho_1}^{\rho_2} d\rho \sqrt{\rho \int_{\rho_1}^{\rho} \frac{\mathrm{P}(\rho) - \mathrm{P}(\rho_1)}{\rho^2}\, d\rho}\,;$$

ρ, ρ_1, ρ_2 densité du fluide sur l'isotherme, du liquide saturé, de la vapeur saturée. σ diamètre de la molécule, n exposant de la force A/r^n, intégrales à prendre sur l'isotherme théorique de l'équation d'état, la seule approximation admise dans la théorie étant la régularité de répartition moyenne des molécules dans une integrale où précisément les ondulations de cette répartition doivent se compenser.

Avec l'équation (1) nous calculons alors avec $n = 7$ (London).

Pour

$\mathrm{T} = 0,67\mathrm{T}_c$, $\mathrm{H} = 6,75\sigma\mathrm{P}_c$ soit pour le benzène 21 au lieu de 18 cgs.

Pour

$\mathrm{T} = 0,50\mathrm{T}_c$, $\mathrm{H} = 12,8\,\sigma\mathrm{P}_c$ soit pour le benzène 41 au lieu de 31 cgs.

Le tableau d'ensemble de ces vérifications peut être considéré comme *très bon* si l'on remarque *qu'aucune constante arbitraire n'intervient.* Finalement, admettant franchement la loi $n = 7$, nous sommes fondés à écrire l'équation d'état sous la forme

$$(4) \qquad \mathrm{P} = \frac{\mathrm{RT}}{v}\,\frac{e^{\frac{b_1}{v}}}{1 - \frac{b^2}{8v^2}} - \frac{a_1}{v^2} \qquad \text{avec} \qquad \frac{a_1}{a} = \frac{b_1}{b} = e^{\frac{a}{2b\mathrm{RT}}\left[1-\left(\frac{b}{2\sqrt{2}v}\right)^{\frac{1}{3}}\right]^2}.$$

MAGNÉTISME. — *Propriétés ferromagnétiques d'un monocristal de cobalt.* Note (*) de M. **Charles Guillaud** et Mme **Madeleine Roux**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous devons à M. Gold, du Massachusetts Institute of technology de Cambridge U. S. A., un monocristal de cobalt hexagonal. Ce monocristal nous a permis, en particulier, la détermination du moment à saturation.

(1) Y. Rocard, *Journal de Physique et le Radium*, 4, 1933, p. 133.

(*) Séance du 7 novembre 1949.

Les mesures effectuées sur un polycristal ne permettent pas des extrapolations sûres car, du fait de l'énergie magnétocristalline élevée, la saturation n'est atteinte que pour de très grands champs. Les mesures d'aimantation ont été faites sur le monocristal orienté suivant l'axe de facile aimantation (axe sénaire).

1. *Étude des courbes d'aimantation, en fonction du champ intérieur, à température constante.* — Les courbes (*fig.* 1) ont été tracées en fonction de $1/H_i$ et

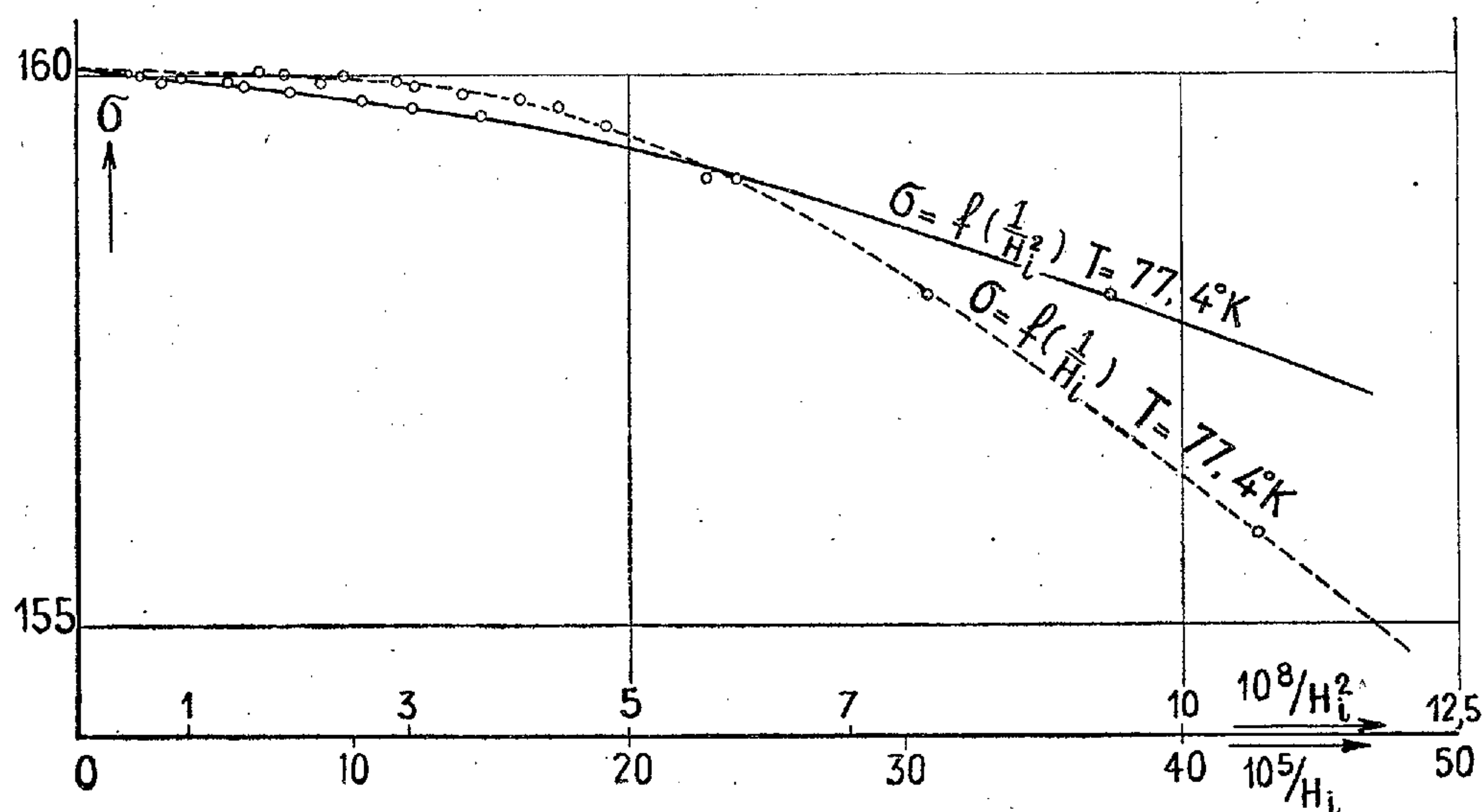


Fig. 1.

de $1/H_i^2$ à la température de 77°,4 K. La physionomie de ces courbes est la même aux autres températures.

Pour les champs $>$ 5000 Œ on constate une variation linéaire en fonction de $1/H_i^2$.

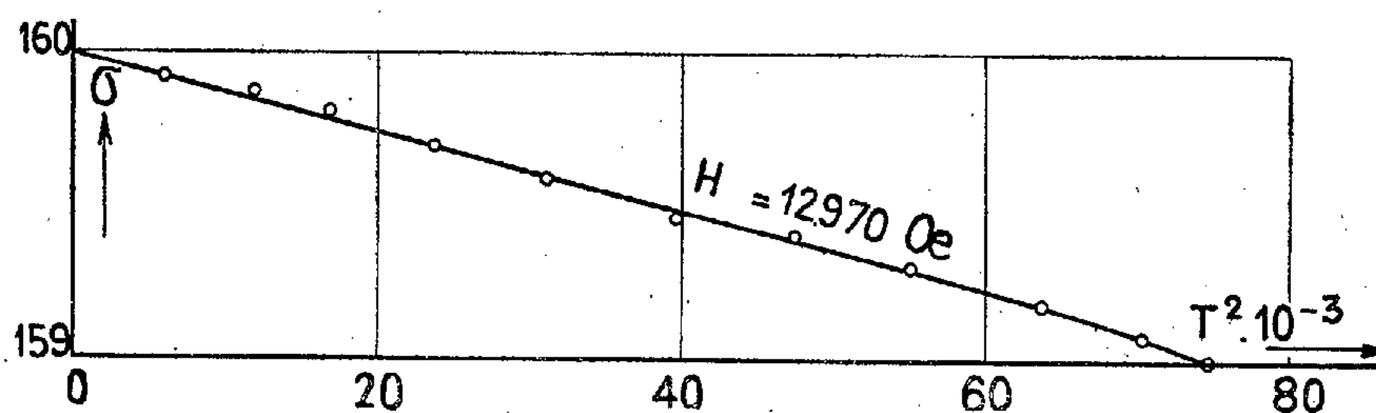


Fig. 2.

2. *Aimantation à champ constant en fonction de la température.* — $\sigma = f(T^2)$ est une droite depuis la température de 257° K (*fig.* 2).

3. *Moment à saturation.* — Les extrapolations commodes suivant l'axe de facile aimantation permettent de connaître avec une grande précision le

moment à saturation. On trouve à 0° et pour un champ infini,

$$\sigma_{0,\infty} = 160,14.$$

Compte tenu de la pureté de l'échantillon utilisé, si nous rapportons ce moment à 1^g de cobalt à 100 %,

$$\sigma_{0,\infty} = 160,87,$$

soit en magnétons de Bohr pour 1 atome-gramme

$$n = \frac{160,87 \times 58,94}{55,90} = 1,70.$$

4. *Énergie magnétocristalline.* — Nous avons repris ces mesures. Nous trouvons des valeurs un peu plus fortes que celles publiées jusqu'ici [1].

t° C.	F_K (ergs/cm³).	K_1 (ergs/cm³).
20	$5,9.10^6$	$5,0.10^6$
— 196	$8,1.10^6$	$7,5.10^6$

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Expression générale du principe de Huyghens pour les ondes électromagnétiques en milieu imparfaitement transparent.* Note (*) de M. **Jean Brodin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note récente [1] j'ai donné la solution générale du problème de Huyghens pour les propagations amorties d'ondes longitudinales. Faisons de même pour les ondes électromagnétiques. Une telle onde s'exprimera par un vecteur complexe $\vec{U} = \vec{u} + i\vec{v}$ où les composantes de $\vec{u}$ et $\vec{v}$ sont :

$$u_x = A_x \cos(\omega t + \varphi_x), \quad v_x = A_x \sin(\omega t + \varphi_x), \quad u_y = A_y \cos(\omega t + \varphi_y), \quad \ldots.$$

Le milieu étant imparfaitement transparent :

$$(1) \qquad \Delta\vec{U} = (ik + a)^2\vec{U} \qquad (a,\ k \text{ réels positifs non nuls}).$$

Si $\vec{U}$ est le champ électrique ou le champ magnétique, il sera sans divergence en vertu des équations de Maxwell [2].

Dans un milieu à propagation amortie, un vecteur $\vec{U}$ sera dit régulier à distance infinie si $R.\vec{U}$ et $R.\overrightarrow{\text{rot}}\,U$ tendent vers zéro.

---

[1] Gans et E. Czerlinski dans *Ferromagnétismus* de R. Becker et W. Döring, p. 127.

(*) Séance du 24 octobre 1949.

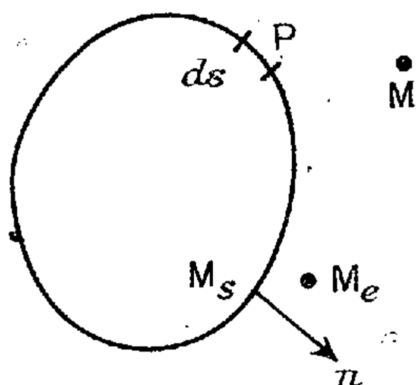
[1] *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 989.

[2] L. de Broglie, *Problèmes de propagation guidée des ondes électromagnétiques*.

LEMME. — *Un vecteur sans divergence, régulier à l'extérieur de la surface fermée* S, *satisfaisant à l'équation de propagation amortie* (1), *et normal à* S *en tous ses points, est nul à l'extérieur de* S. En effet, ici

$$\operatorname{div}(\vec{u} \wedge \operatorname{rot}\vec{v} - \vec{v} \wedge \operatorname{rot}\vec{u}) = \vec{u}.\Delta\vec{v} - \vec{v}.\Delta\vec{u} = 2ak(\vec{u}^2 + \vec{v}^2)$$

dont l'intégrale, nulle dans le volume compris entre S et une sphère infinie, exige $\vec{u}$ et $\vec{v}$ partout nuls.



Solution du problème de Huyghens par une couche de dipôles électriques. — Soit $\vec{\rho}(\mathrm{P})\,d\mathrm{S}$ le moment d'un dipôle électrique de pulsation ω porté par l'élément $d\mathrm{S}$, il produit en M $(\overrightarrow{\mathrm{PM}} = \vec{r};\ \mathrm{PM} = r)$ le vecteur de Hertz [2],

$$(2) \qquad \vec{\Pi} = \iint_{\mathrm{S}} d\mathrm{S}\,\vec{\rho}(\mathrm{P})\Psi, \qquad \text{où} \quad \Psi = r^{-1}e^{-ikr-ar},$$

d'où l'on déduit les champs (ε, coefficient diélectrique; σ conductivité) :

$$(3) \qquad \vec{\mathrm{H}} = \frac{i\omega}{c}\operatorname{rot}\vec{\Pi}, \qquad \left(\varepsilon + \frac{4\pi\sigma}{i\omega}\right)\vec{\mathrm{E}} = \operatorname{rot}\operatorname{rot}\vec{\Pi}.$$

Si M_e extérieur à S tend vers M_s, point de S d'unité normale extérieure $\vec{n}$,

$$\lim\left[\overrightarrow{\operatorname{rot}}\,\Pi(\mathrm{M}_e)\right] = \iint_{\mathrm{S}} d\mathrm{S}\frac{\partial\Psi}{\partial r}\left(\overrightarrow{\operatorname{grad}}\,r\right) \wedge \vec{\rho}(\mathrm{P}) - 2\pi\vec{n} \wedge \vec{\rho}(\mathrm{M}_s).$$

L'équation vectorielle

$$(4) \qquad \lim\left[\vec{n} \wedge \overrightarrow{\operatorname{rot}}\,\Pi(\mathrm{M}_e)\right] = \iint_{\mathrm{S}} d\mathrm{S}\frac{\partial\Psi}{\partial r}\vec{n} \wedge \left[\overrightarrow{\operatorname{grad}}\,r \wedge \vec{\rho}(\mathrm{P})\right] + 2\pi\vec{\rho}_t(\mathrm{M}_s)$$

représente un système de Fredholm pour déterminer les deux composantes (suivant des lignes tracées sur S) de la projection $\vec{\rho}_t$ de $\vec{\rho}$ sur le plan tangent. *Les données sont la composante normale du dipôle,* $\vec{n}.\vec{\rho}$ *qui est arbitraire,* et *les composantes tangentielles du champ magnétique, liées à* $\vec{n} \wedge \operatorname{rot}\Pi$ par (3).

Si l'on impose aux dipôles d'être tangents à la surface S $(\vec{n}.\vec{\rho}$ partout nulle$)$ l'onde qu'ils produisent n'a pas de discontinuité des composantes tangentielles du champ *électrique* entre l'intérieur et l'extérieur

Solution par une couche de dipôles magnétiques. — Le dipôle $\vec{\mu}(\mathrm{P})\,d\mathrm{S}$ produit en M le vecteur de Hertz magnétique

$$\vec{\Sigma} = \iint_{\mathrm{S}} d\mathrm{S}\,\vec{\mu}(\mathrm{P})\,\Psi, \tag{5}$$

d'où l'on déduit les champs (μ, perméabilité magnétique)

$$\vec{\mathrm{E}}' = -\frac{i\omega}{c}\,\mathrm{rot}\,\vec{\Sigma}, \qquad \mu\vec{\mathrm{H}}' = \mathrm{rot}\,\mathrm{rot}\,\Sigma. \tag{6}$$

La solution est analogue : les données sont les composantes tangentielles du champ électrique; la composante normale du dipôle sera arbitraire; un système de Fredholm donne ses composantes tangentielles.

Solution générale. — Un dipôle magnétique normal à S est équivalent à une spire de dipôles électriques superficiels, et vice versa : on peut donc *imposer aux dipôles électriques et magnétiques d'être tangents à* S.

La solution générale sera la superposition *d'une couche de dipôles électriques et d'une couche de dipôles magnétiques, l'une de ces couches étant arbitraire.*

S.-A. Schelkunoff ([4]), suivant Larmor ([5]), a montré autrement que le problème de Huyghens pour les ondes électromagnétiques à propagation amortie, a une infinité de solutions. *Une seule peut donner une onde intérieure nulle*, c'est la solution classique ([3]), où l'on remplace ik par $ik + a$.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur l'impédance d'entrée d'un guide d'onde au delà de sa fréquence de coupure.* Note (*) de M. **André Briot**, transmise par M. René Barthélemy.

Dans la technique des hyperfréquences, on appelle *atténuateur à piston* un tronçon de guide excité par une onde de fréquence inférieure à sa fréquence de coupure. Pour adapter un tel atténuateur au guide ou au coaxial d'excitation, il est utile de connaître son impédance d'entrée.

D'après Bromwich ([1]), le champ électromagnétique en tout point $\mathrm{M}(z, u_2, u_3)$ s'obtient à partir d'une fonction U déterminée par

$$\frac{\partial^2 \mathrm{U}}{\partial z^2} + \frac{1}{h_2 h_3}\left[\frac{\partial}{\partial u_2}\frac{h_3}{h_2}\frac{\partial \mathrm{U}}{\partial u_2} + \frac{\partial}{\partial u_3}\frac{h_2}{h_3}\frac{\partial \mathrm{U}}{\partial u_3}\right] + \mathrm{K}^2\mathrm{U} = 0, \tag{1}$$

h_2, h_3 = coefficients qui peuvent être explicités dans chaque cas particulier de coordonnées choisies.

([3]) F. Croze et G. Darmois, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 824.

([4]) *Bell System Technical Journal*, 15, 1936, p. 92.

([5]) *Proc. London Math. Soc.*, (2), 1, 1903, p. 1; (2), 19, 1921, p. 169.

(*) Séance du 14 novembre 1949.

([1]) *Phil. Mag.*, 38, 1919, p. 143.

Dans le cas d'un phénomène périodique qui se propage en direction de z, cette expression se simplifie. Si l'on désigne par $\alpha + j\beta$ la constante de propagation complexe, on a :

(2) $$U = e^{j\omega t - \gamma z} f(u_2, u_3)$$

et l'équation (1) devient :

(3) $$\xi^2 + \frac{1}{h_2 h_3}\left[\frac{\partial}{\partial u_2}\frac{h_3}{h_2}\frac{\partial U}{\partial u_2} + \frac{\partial}{\partial u_3}\frac{h_2}{h_3}\frac{\partial U}{\partial u_3}\right] = 0,$$

avec

(4) $$\xi^2 = (\alpha + j\beta)^2 + K^2.$$

Dans le cas d'un guide d'onde sans pertes, excité par une fréquence inférieure à sa fréquence de coupure, on a :

(5) $$\gamma = \alpha = \frac{2\pi}{c}\sqrt{\varepsilon\mu}\, fc\sqrt{1 - \left(\frac{f}{fc}\right)^2}$$

avec c, vitesse de la lumière; ε, constante diélectrique; μ, perméabilité.

C'est la formule connue des atténuateurs à piston.

Partant des équations (2) et (3), on peut obtenir l'expression des composantes E_2, E_3, H_2, H_3 du champ électromagnétique.

D'autre part, l'impédance d'onde est, par définition,

(6) $$Z = -\frac{E_3}{H_2} = \frac{E_2}{H_3}.$$

On obtient, après calcul,

(7) $$Z = \frac{\alpha + j\beta}{j\frac{\omega}{c}\varepsilon} \quad \text{(pour les modes électriques)},$$

et

(8) $$Z = \frac{j\frac{\omega}{c}\mu}{\alpha + j\beta} \quad \text{(pour les modes magnétiques)}.$$

Dans le cas où il y a propagation sans affaiblissement $\alpha = 0$, on retrouve les formules connues.

Dans le cas des atténuateurs à piston, il y a affaiblissement sans rotation de phase $\beta = 0$, $\alpha \neq 0$.

α étant la constante d'atténuation, par conséquent une quantité réelle, l'impédance d'entrée d'un atténuateur à piston est imaginaire, quel que soit le mode considéré. Elle est capacitive dans le cas des modes électriques, et, selfique, dans le cas des modes magnétiques.

Dans les générateurs hyperfréquences, on mesure généralement la puissance *en amont* de l'atténuateur au moyen d'un bolomètre ou d'un thermistor, et le

problème consiste à adapter l'atténuateur au guide ou au coaxial d'excitation dans une certaine bande de fréquences. L'impédance itérative d'un guide étant réelle, il est donc indispensable d'introduire un élément dissipatif en amont de l'atténuateur. Cet élément peut être constitué par une paroi convenablement placée ayant une certaine résistance par unité de surface ou, quelquefois, par le bolomètre lui-même. En fait, il n'y a pas dissipation d'énergie dans l'atténuateur, mais réflexion d'une partie de l'énergie incidente, et c'est la raison profonde pour laquelle il est nécessaire d'introduire un élément pour l'absorber.

EFFET RAMAN. — *Spectre de Raman de cristaux de nitrates hydratés.* Note de M. **Jean-Paul Mathieu**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nos expériences ont porté sur des monocristaux obtenus par évaporation lente de leurs solutions aqueuses. Les tableaux suivants donnent la mesure (en cm^{-1}) du nombre d'ondes $\Delta\nu$ des raies de Raman, l'appréciation qualitative de leur intensité I et le type des raies avec la notation de Placzek, dans les cas où le cristal a pu être étudié dans une orientation simple par rapport à ses éléments de symétrie.

Nitrate de lithium, $NO_3Li, 3H_2O$. — Système cristallin inconnu.

$\Delta\nu$:	53	97	119	222	717	1 054	1 332	1 416
I :	m	F	F	f	f	F	m	m

Nitrate de calcium, $(NO_3)^2Ca, 4H_2O$. — Monoclinique.

$\Delta\nu$:	39	62	99	123	162	721	746	1 052	1 354	1 424	~1 640
I :	m	F	F	m	F	f	m	F	m	m	bande

Nitrate d'aluminium, $(NO_3)^3Al, 9H_2O$. — Monoclinique.

$\Delta\nu$:	38	56	59	76	82	92	104	114	131	140	170	175	217	396
I :	F	F	f	F	m	f	F	f	F	f	f	f	tf	f
Type :	A	A	B	B	A	B	B	A	B	A	B	A	B	A

$\Delta\nu$:	733	1 047	1 059	1 321	1 388	1 434
I :	f	F	F	f	m	m
Type :	A	A	A	-	A	A

Nitrate de cérium, $(NO_3)^3Ce, 6H_2O$. — Triclinique. Toutes les raies sont du type *g*.

$\Delta\nu$:	38	55	72	94	124	716	738	1 044	1 054	1 353	1 444	1 650	1 726
I :	F	F	m	m	m	f	m	m	F	f	m	bande	m

Nitrate de thorium $(NO_3)_4Th, 6H_2O$. — Décrit comme quadratique [1], il semble monoclinique en réalité, les faces données pour (001) étant des faces

---

[1] P. Groth, *Chemische Kristallographie*, Leipzig, 2, 1908, p. 130.

perpendiculaires au plan de symétrie dont les arêtes font des angles voisins de 90°. Les spectres obtenus présentaient un fond continu qui n'a permis d'observer que les raies de haute fréquence les plus intenses.

$\Delta\nu$	747	1046	1487	1542	1620
I	m	F	m	m	f

Dans tous les spectres, les raies de fréquence supérieure à 700 cm^{-1} sont dues aux oscillations internes des groupements $(NO_3)^-$ et des molécules d'eau. De l'existence de deux raies totalement symétriques qui ont le même type dans le spectre du nitrate d'aluminium (1047 et 1059 cm^{-1}) et se comportent de façon analogue dans le spectre du nitrate de cérium (1044 et 1054 cm^{-1}), on peut conclure que la maille cristalline contient deux familles d'ions NO_3^- dont l'entourage ne possède pas la même symétrie. En l'absence complète de données relatives à la structure cristalline des nitrates hydratés, on ne peut actuellement tenter d'interprétation de l'ensemble des spectres, en particulier des raies de basse fréquence.

PHOSPHORESCENCE. — *Excitation du doublet jaune du sodium par l'hydrogène atomique.* Note (*) de Mlle **Rose Aynard**, présentée par M. Jean Cabannes.

Deux atomes d'hydrogène à l'état normal ne peuvent se recombiner qu'en présence d'un troisième corps capable d'absorber l'énergie libérée dans la recombinaison. Ce troisième corps peut être un atome de sodium. On sait [1] que l'énergie de recombinaison de l'hydrogène atomique (4,454 eV) est suffi-

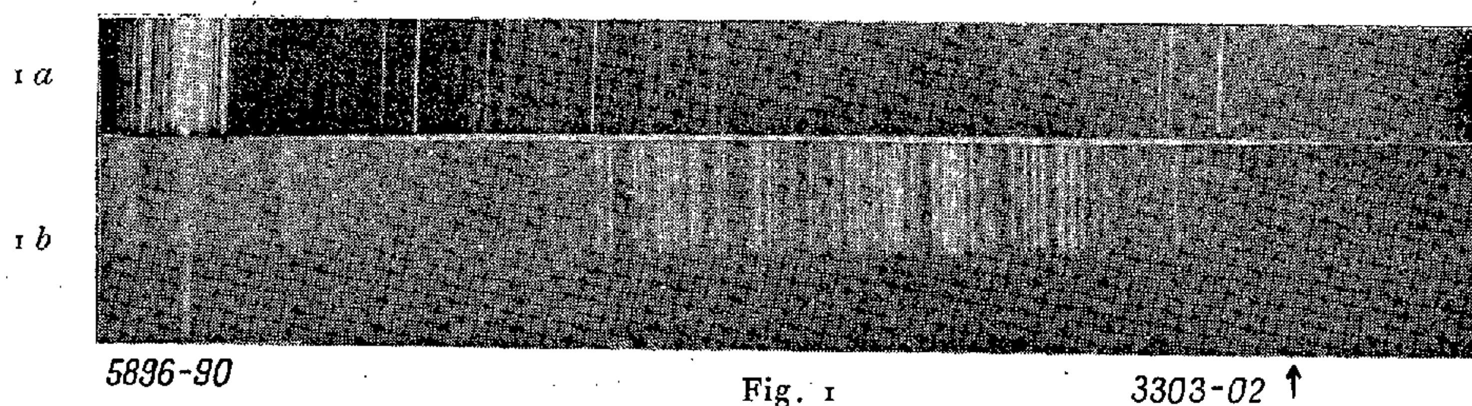


Fig. 1

1 *a*, Na excité dans le champ électrique, pose : 10 minutes.
1 *b*, Spectre du fer. Na excité par chocs hors du champ électrique, pose : 30 minutes.

sante pour porter la molécule formée au niveau de vibration $v = 5$ (2,297 eV) et fournir à l'atome de sodium l'énergie requise par celui-ci (2,092 eV) pour émettre par résonance le doublet 5890-96.

(*) Séance du 24 octobre 1949.

[1] J. Cabannes et R. Aynard, *J. de Phys.*, **2**, 1939, p. 455.

1. J'ai réalisé d'abord un montage analogue à ceux de Bonhœffer ([2]) et de Mohler ([3]). Le phénomène était difficile à observer. J'ai obtenu néanmoins le cliché 1 *b*.

Comme le montre ce cliché, la luminescence jaune, parfaitement visible, est due aux raies D. Dans le champ électrique où se produisait l'hydrogène atomique, on avait en outre (cliché 1 *a*) les raies de Balmer et de nombreuses raies du sodium appartenant aux séries secondaires.

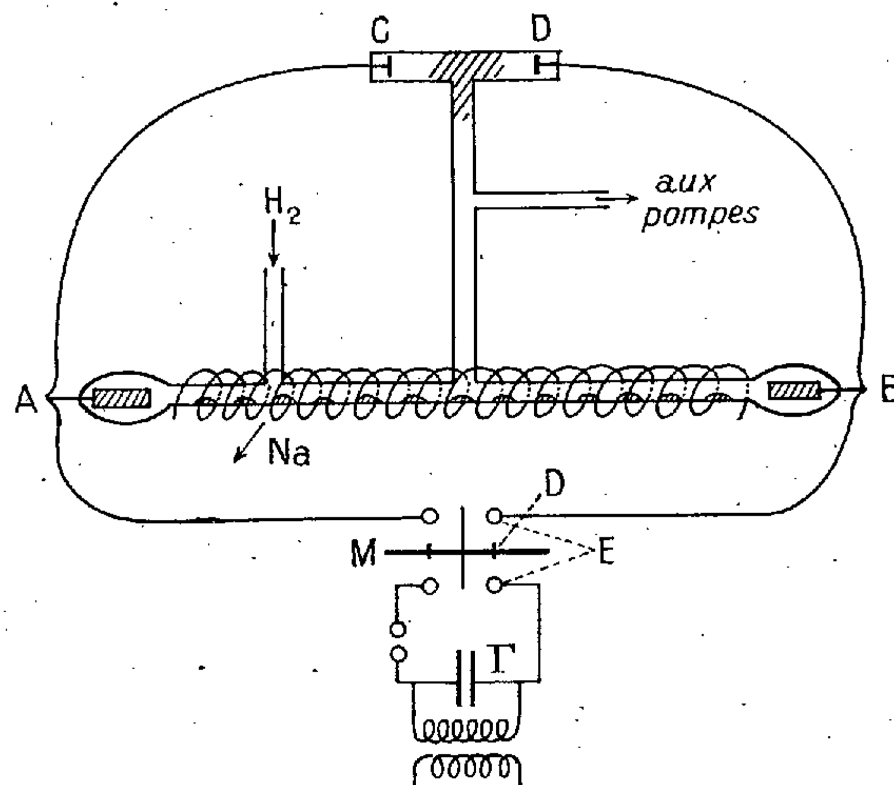


Fig. 2.

2. Pour observer plus commodément l'émission des raies D hors du champ électrique, j'ai procédé différemment. On établit entre les armatures du condensateur Γ (*fig.* 2) une différence de potentiel de 30000 volts. Le condensateur se décharge dans l'enceinte ABCD qui contient des fragments de sodium dans une atmosphère raréfiée d'hydrogène. La pression est comprise entre 0,1 et 0^{mm},01 de mercure. Le tube AB est porté à la température de 440° C environ. On réalise 50 décharges par seconde, réglées par un moteur synchrone M. Ce moteur ferme le circuit de décharge lorsque les pièces métalliques P arrivent entre les boules E d'un éclateur. Ces pièces sont portées par un disque stroboscopique qui permet d'observer la phosphorescence dans l'enceinte ABCD un temps mesurable après la décharge.

Dans une première expérience les armatures du condensateur Γ sont reliées aux électrodes A et B du tube chauffé. On observe en AB, au moment de la décharge, le spectre 3*b* et, après suppression du champ, le spectre 3*a*, d'où les raies de Balmer ont disparu, mais où la série $2P_{-n}D$ du sodium apparaît avec

([2]) *Zeits. f. Phys. Chem.*, **116**, 1925, p. 391 ; **119**, 1926, p. 385.
([3]) *Phys. Rev.*, **29**, 1927, p. 419.

intensité. Cette phosphorescence de la vapeur de sodium rappelle celle déjà observée dans une atmosphère de gaz rare ([4]).

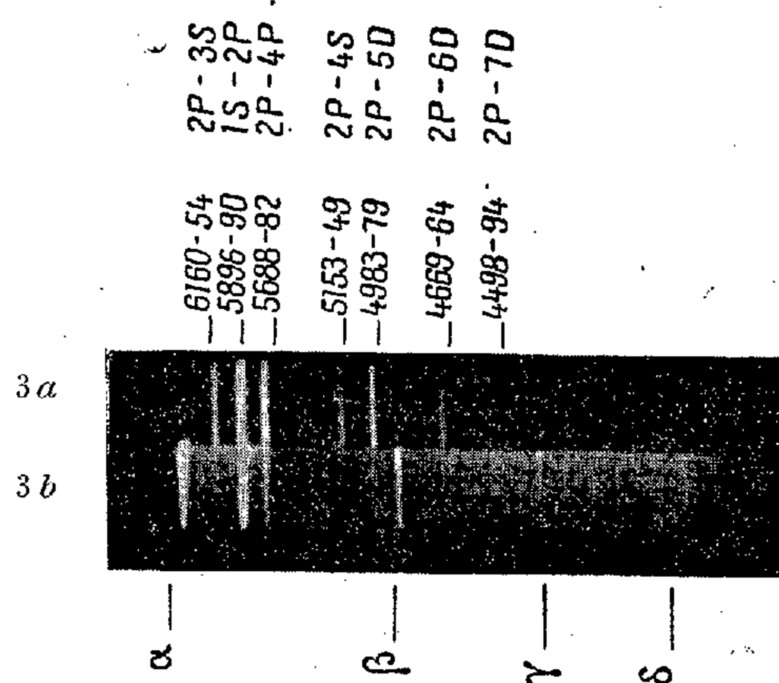


Fig. 3.

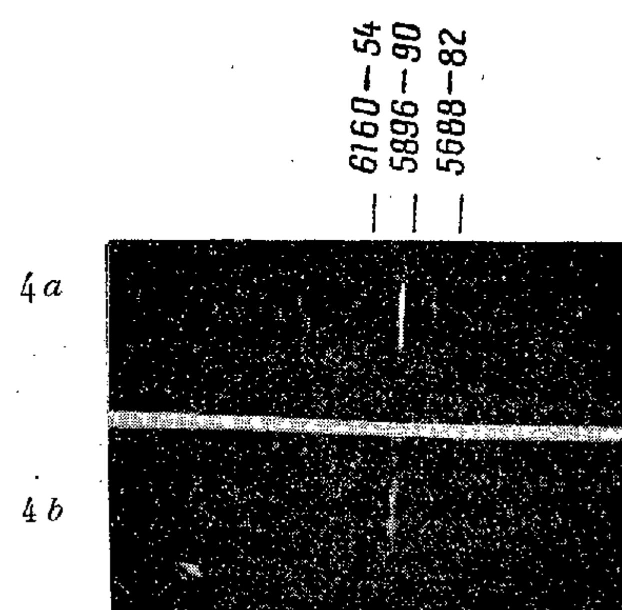


Fig. 4.

3 *a*, Hors du champ électrique, pose 15 minutes sur AB.
3 *b*, Dans le champ électrique, pose 10 secondes sur AB.

4 *a*, Pose 1 seconde sur AB hors du champ électrique. 4 *b*, pose 1 heure sur CD hors du champ électrique.

Dans une seconde expérience j'ai relié aux armatures du condensateur Γ les électrodes C et D du tube non chauffé, le tube AB étant maintenu à la température de 440° C. La faible lumière émise en phosphorescence par le tube CD ne contient que le doublet D du sodium (*fig.* 4*b*). Il s'agit dans ce cas d'une excitation du doublet jaune du sodium par recombinaison de l'hydrogène atomique.

3. En revenant au cliché 1*b*, on y voit, outre le doublet jaune, le second doublet 3302-3303 de la série principale. Si deux atomes se recombinent pour former une molécule H_2 au niveau de la vibration $v = 1$, l'énergie libérée est 3,939 eV; or l'énergie requise pour porter l'atome de sodium au niveau 3P est 3,783 eV. Cette raie n'avait pas été observée par Bonhœffer.

RAYONS X. — *Généralisation de la théorie des fluides de Born et Green aux mélanges de plusieurs espèces de molécules. Calcul de la diffusion par les rayons* X. Note de M. **Gérard Fournet**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans une Note précédente ([1]) nous avions établi une expression de l'intensité des rayons X diffusés par un liquide. Nous avons pu mettre cette expression

([4]) R. Aynard et L. Herman, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 932.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1801 (nous employons les mêmes notations dans la présente Note).

sous une autre forme bien plus facilement utilisable :

$$(1)\qquad \overline{I(h)} = \overline{N}F^2(h)\left\{\frac{v_1}{v_1-(2\pi)^{\frac{3}{2}}\varepsilon\beta(h)} - \frac{2v_1}{(2\pi)^{\frac{3}{2}}}\frac{z_0}{(z_0^2-h^2)\varepsilon\beta'(z_0)}\right\},$$

où z_0 désigne une des deux racines réelles et opposées de l'équation $v_1=(2\pi)^{\frac{3}{2}}\varepsilon\beta(z)$. Chacun des deux termes de (1) tend vers l'infini quand $h(=4\pi\sin\theta\lambda^{-1})$ tend vers z_0, mais leur différence reste finie. Nous avons ainsi pu compléter et préciser les fonctions $\overline{I(h)}$ relatives à l'Argon liquide sous différentes pressions à 150°K : nos résultats sont en très bon accord avec les données expérimentales (²).

II. Dans le but de calculer l'intensité du rayonnement diffusé par des mélanges de particules, nous avons cherché, sans modifier les autres hypothèses de base, à étendre la théorie des gaz et liquide de Born et Green (³) au cas de mélanges de m espèces de molécules. Nous ne détaillerons ici que le cas de deux espèces en proportions p_1 et p_2. On désigne par $n_{2,ij}(t, \vec{x}_1, \vec{x}_2)\,\overrightarrow{dx}_1\,\overrightarrow{dx}_2$ la probabilité pour qu'au temps t deux molécules distinctes de nature i et j (i et j représentant soit l'espèce 1, soit l'espèce 2) soient situées respectivement aux extrémités des vecteurs $\vec{x}_1$ et $\vec{x}_2$ dans les éléments de volume $\overrightarrow{dx}_1$ et $\overrightarrow{dx}_2$, et par $\Phi_{ij}(r)$ la fonction d'énergie potentielle mutuelle entre deux molécules d'espèces i et j distantes de r. On peut définir de même des fonctions n_q concernant q molécules. Dans les hypothèses faites par Born et Green les fonctions n_2 ne dépendent que de la distance r entre les deux particules considérées. En employant les procédés de calcul de Born et Green les équations d'équilibre s'établissent facilement et permettent d'obtenir quatre (m^2 en général) équations fonctionnelles en $n_{2,ij}$ si l'on généralise par ailleurs le *principe de superposition* (⁴) : $n_{1,i}.n_{1,j}.n_{1,k}.n_{3,ijk}=n_{2,ij}.n_{2,jk}.n_{2,ki}$. Pour résoudre les quatre équations on peut poser

$$(2)\qquad P_{ij}(r)=\frac{n_{2,ij}(r)}{n_{1,i}.n_{1,j}}=e^{-\frac{\Phi_{ij}(r)}{kT}+f_{ij}(r)},$$

et définir les fonctions $\alpha_{ij}(r)$, $\beta_{ij}(h)$ et $g_{ij}(h)$ et les coefficients ε_{ij} par analogie avec les fonctions et coefficients $\alpha(r)$, $\beta(h)$, $g(h)$ et ε de la théorie de Born et Green. On obtient alors un système de quatre équations linéaires (m^2 en général) en $g_{ij}(h)$,

$$(3)\qquad v_1(2\pi)^{-\frac{3}{2}}g_{ij}(h)-\sum_k p_k g_{ik}(h)\varepsilon_{jk}\beta_{jk}(h)=\sum_k p_k\varepsilon_{ik}\beta_{ik}(h)\varepsilon_{jk}(h)\beta_{jk}(h),$$

(²) A. Eisenstein et N. S. Gingrich, *Phys. Rev.*, 62, 1942, p. 261.
(³) *Proc. Roy. Soc.*, A, 188, p. 10; A, 189, p. 103.
(⁴) J. G. Kirkwood et E. M. Boggs, *J. Chem. Phys.*, 10, 1942, p. 394.

où v_1 désigne le volume moyen offert à chaque particule sans distinction de nature. Les $g_{ij}(h)$ sont donc donnés par le rapport de deux déterminants du deuxième ordre. Le déterminant dénominateur Δ est identique pour g_{11}, $g_{12}=g_{21}$ et g_{22}:

$$\Delta(v_1, h)=\left(v_1(2\pi)^{-\frac{3}{2}}\right)^2 - v_1(2\pi)^{-\frac{3}{2}}[p_1\varepsilon_{11}\beta_{11}(h)+p_2\varepsilon_{22}\beta_{22}(h)] + p_1p_2[\varepsilon_{11}\beta_{11}(h)\varepsilon_{22}\beta_{22}(h)-\varepsilon_{12}^2\beta_{12}^2(h)].$$

Il s'introduit une discontinuité dans le calcul des g_{ij} (et par conséquent de toutes les autres propriétés) à partir du moment où v_1 est assez petit pour que Δ puisse devenir négatif pour certaines valeurs de h. En suivant l'exemple de Born et Green, nous pouvons identifier cette discontinuité avec le passage de l'état gazeux à l'état liquide. En réalité, pour une valeur de h, il existe deux valeurs de v_1 qui annulent Δ, mais la plus petite de ces valeurs, souvent négative, n'a pas de significations physiques.

L'intensité du rayonnement diffusé par un mélange de plusieurs espèces de particules s'exprime au moyen de leur facteur de diffusion F_i, de leur probabilité de présence p_i et des fonctions P_{ij},

$$(4)\qquad \overline{I(h)}=\overline{N}\left\{\sum_i p_i\overline{F_i^2(h)}-\sum_i\sum_j p_ip_j\overline{F_i(h)}\,\overline{F_j(h)}\frac{1}{v_1}\int_0^\infty\frac{\sin hr}{hr}[1-P_{ij}(r)]4\pi r^2dr\right\}.$$

Les relations (2) et (3) permettent toujours (états gazeux ou liquide) d'exprimer $\overline{I(h)}$ en fonction des $\beta_{ij}(h)$. Nous donnons ci-dessous l'expression relative à un mélange de deux sortes de particules à symétrie sphérique (état gazeux) :

$$I(h)=\frac{\overline{N}(2\pi)^{-\frac{3}{2}}v_1}{\Delta(v_1, h)}\left\{F_1^2(h)\left[v_1(2\pi)^{-\frac{3}{2}}p_1-p_1p_2\varepsilon_{22}\beta_{22}(h)\right]+2p_1p_2F_1(h)F_2(h)\varepsilon_{12}\beta_{12}(h) + F_2^2(h)\left[v_1(2\pi)^{-\frac{3}{2}}p_2-p_1p_2\varepsilon_{11}\beta_{11}(h)\right]\right\}.$$

Nous avons appliqué ce résultat au calcul de l'intensité du rayonnement diffusé par différents mélanges de deux espèces de particules sphériques homogènes (rayons R et 2R), impénétrables et n'exerçant aucune action l'une sur l'autre, pour différentes valeurs du rapport entre le volume occupé par les particules et le volume total offert [*cf*([5])]. Quand la valeur de ce rapport est 0,5 (état très concentré), la courbe de diffusion ne possède un maximum pour un angle non nul que si l'ensemble est quasi homogène : les petites sphères doivent constituer moins de 25 % ou plus de 95 % de la matière diffusante.

([5]) G. FOURNET, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1421.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence sur la solubilisation de substances organiques, du rapport entre les propriétés hydrophiles et hydrophobes des produits de condensation de l'oxyde d'éthylène sur les alcools aliphatiques.* Note (*) de M. **Max Cohen**, présentée par M. Paul Pascal.

L'étude de la solubilisation des composés organiques dans des solutions aqueuses de substances tensio-actives n'a été entreprise jusqu'à présent qu'avec des produits dont le groupement hydrophile restait inchangé et qui différaient uniquement par la longueur de la chaîne hydrophobe ([1]).

L'emploi de substances de formule générale $C_nH_{2n}(O - CH_2 - CH_2)_{n'}OH$ dans laquelle n représente le nombre d'atomes de carbone de la chaîne aliphatique et n' le nombre de molécules d'oxyde d'éthylène composant la chaîne hydrophile, permet de faire varier à volonté le caractère hydrophobe en agissant sur n et les propriétés hydrophiles en faisant varier n'. La préparation de ces produits ainsi que la valeur hydrophile d'un groupement $CH_2 - CH_2 - O$ ont été décrites dans une Note précédente ([2]).

Les travaux résumés dans la présente Note ont eu pour but de déterminer la limite de solubilisation de divers liquides organiques dans des solutions aqueuses d'alcools oxéthylés pour lesquels n prend les valeurs successives de 7, 10, 12 et 14, alors que n' varie de 4 à 45.

Nous avons suivi, par ordre d'hydrophobie décroissante du liquide organique, le comportement de l'hexane, du toluène, du benzène et de l'alcool heptylique, vis-à-vis des solutions aqueuses des composés ci-dessus.

L'opération portait sur 50^{cm^3} de solution à la concentration M/10; la substance à solubiliser était additionnée goutte à goutte à l'aide d'une microburette; après chaque addition le tube était agité pour bien répartir la goutte dans l'ensemble de la solution. La limite de solubilisation est atteinte dès qu'apparaît un trouble permanent.

La limite de solubilisation est exprimée dans le diagramme de la figure 1 par le nombre N de molécules de substance solubilisée par molécule de composé tensio-actif présent dans la solution. Sur ce diagramme, où n' est porté en abscisse et N en ordonnée, nous avons fait figurer les résultats obtenus avec les dérivés de l'alcool laurique; les courbes obtenues pour les différents liquides organiques mettent en évidence la présence d'un maximum; celui-ci est atteint pour une chaîne de 8^{mol} d'oxyde d'éthylène avec l'hexane; le toluène moins hydrophobe demande une chaîne de 12^{mol} d'oxyde d'éthylène; pour le benzène

---

(*) Séance du 14 novembre 1949.

([1]) J. W. Mc Bain et K. E. Johnson, *J. Am. Ch. Soc.*, 66, 1944, p. 9-13; R. Durand, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 409.

([2]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1366.

n' doit être égal à 14, et l'alcool heptylique, de nature légèrement hydrophile, présente le maximum de solubilisation pour $n' = 27$.

Il ressort de ces résultats que pour solubiliser dans des conditions optima un

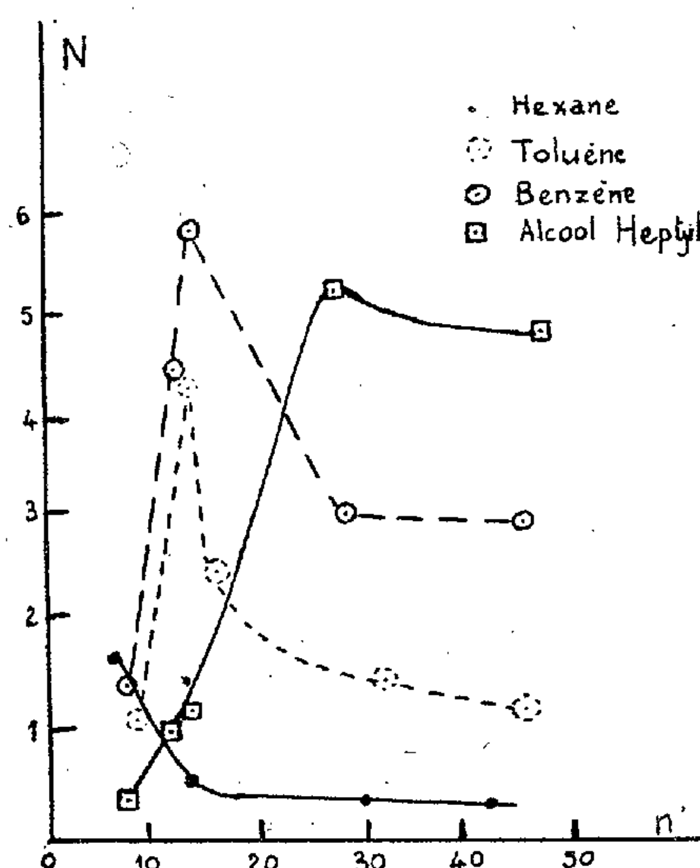


Fig. 1.

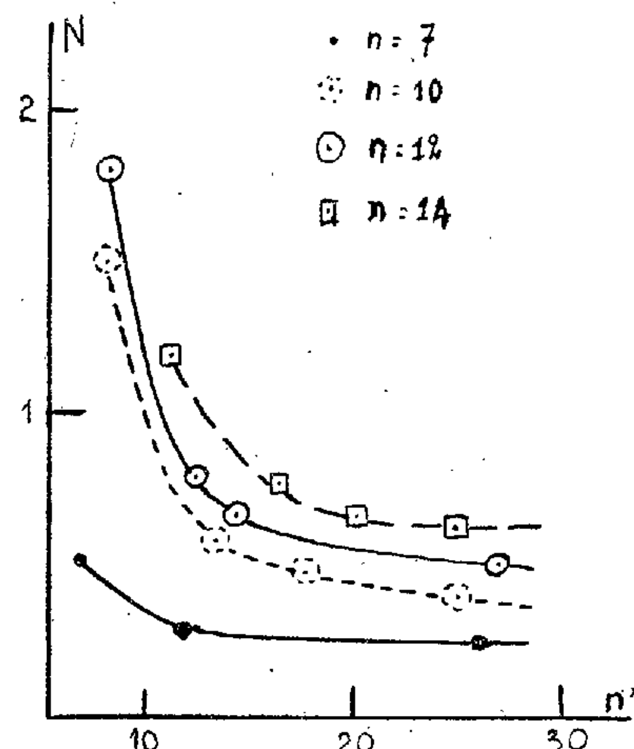


Fig. 2.

composé insoluble, il faut tenir compte de sa nature plus ou moins hydrophobe et du rapport des propriétés hydrophiles et hydrophobes du solubilisant; il existe pour chacun des liquides organiques insolubles un rapport bien défini entre n et n' pour lequel la solubilisation est maximum.

D'autre part en faisant varier n nous retrouvons les résultats déjà obtenus par Mc Bain et Durand (*loc. cit.*), à savoir que la quantité de substance solubilisée (hexane) augmente lorsque n croît, comme le montrent les courbes de la figure 2.

MAGNÉTO-CHIMIE. — *Action du champ magnétique sur la cristallisation de l'acide tartrique droit.* Note (*) de M. **Jean Blandin**, présentée par M. Aimé Cotton.

Comme suite à une Note précédente, où j'ai montré que le phénomène de la double orientation pouvait avoir lieu pour des corps organiques diamagnétiques ([1]) comme le β-naphtol, j'ai étudié l'action du champ magnétique sur la cristallisation de l'acide tartrique droit, dont les cristaux sont hémièdres énantiomorphes, et appartiennent au système monoclinique.

(*) Séance du 7 novembre 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1015.

Les phénomènes observés sont beaucoup plus complexes que dans le cas précédent, car on peut obtenir plusieurs directions d'orientation distinctes sur la même préparation.

En l'absence de tout champ magnétique, une solution aqueuse sursaturée d'acide tartrique droit laisse déposer des cristaux dont le faciès principal est, en premier examen, un triangle rectangle isoscèle (*fig.* 1).

En présence d'un champ magnétique horizontal de 15000 gauss, on observe, après cristallisation, des bâtonnets, comme pour le β-naphtol, mais avec une différence : il y a beaucoup plus de cristaux orientés suivant une direction que suivant l'autre, et cela pour toutes les préparations observées (*fig.* 2). Certaines préparations ne comportent même qu'une seule direction de cristaux. Les caractéristiques sont les suivantes : $\beta = 90°$, $\gamma = 72°$.

L'examen stéréoscopique montre que ces bâtonnets sont constitués par des paillettes reposant sur la tranche, affectant généralement la forme d'un triangle rectangle reposant par l'un des côtés de l'angle droit sur la lame de verre.

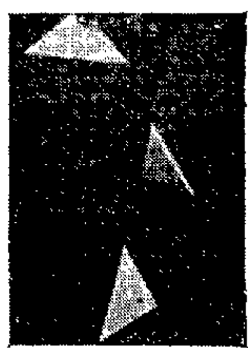

Fig. 1.


Fig. 2.


Fig. 3.


Fig. 4.


Fig. 5.

A côté de cet aspect, qui est le plus fréquent, j'ai rencontré des préparations présentant des aspects complètement différents. La figure 3 montre, en plus de ces bâtonnets (en blanc) une deuxième orientation cristalline d'autre nature (les cristaux sont à l'extinction sur la figure 3) dont le faciès est constitué par des sortes de trapèzes ou de triangles; l'examen stéréoscopique montre que ces cristaux sont inclinés sur la lame de verre. Ils s'éteignent pour $\beta = 66°$. L'une des arêtes limitant ces cristaux est parallèle aux bâtonnets qui sont statistiquement les plus nombreux. Les deux directions d'extinction-bâtonnets trapèzes, font un angle $\delta = 24°$, la direction du champ n'étant pas bissectrice de l'angle δ.

D'autres préparations présentent l'aspect de la figure 4 : faciès de triangle rectangle isoscèle s'éteignant lorsque l'hypoténuse est parallèle à la direction de référence (bissectrice de l'angle 2α). On a alors $\beta = 72°$, l'hypoténuse étant symétrique de la direction des bâtonnets statistiquement les plus nombreux, par rapport à la direction du champ. Les triangles peuvent pivoter de 180° autour de l'hypoténuse.

Enfin, il existe encore un autre faciès, représenté par la figure 5, s'éteignant pour $\beta = 90°$, lorsque l'un des côtés de l'angle droit est parallèle à la direction de référence. Les cristaux peuvent pivoter également de 180° autour de l'hypoténuse, sans cesser d'être à l'extinction.

Ces différents aspects peuvent se trouver simultanément sur la même préparation, sauf peut-être celui de la figure 5 qui est plus rare.

L'acide tartrique droit laisse donc déposer des cristaux dont les différents faciès ont chacun une orientation particulière par rapport à l'axe de susceptibilité magnétique maxima, et à chaque faciès différent du cristal qui apparaît, correspondent des caractéristiques différentes.

Il semble cependant qu'il soit assez rare de rencontrer des corps présentant des faciès aussi différents, caractérisés chacun par sa forme et par un nombre. Dans le cas général, les angles β et γ sont constants pour un corps donné, donc caractéristiques de ce corps fournissant ainsi une nouvelle méthode d'analyse qualitative par voie physique. L'acide tartrique droit est, jusqu'à maintenant, le seul corps ayant fourni plusieurs constantes différentes.

CHIMIE MINÉRALE. — *Contribution à l'étude du ciment Sorel.* Note (*) de Mme **Léone Walter-Lévy** et M. **Pieter Maarten de Wolff**, transmise par M. Paul Pascal.

Le ciment Sorel a été l'objet de nombreuses recherches. Lukens (1), Feitknecht et Held (2) ont, en particulier, établi l'existence du chlorure basique Cl_2Mg, $5\,Mg(OH)^2$, nH_2O et signalé que celui-ci se forme toujours en premier lieu si l'on ajoute de l'oxyde de magnésium anhydre à une solution de chlorure de magnésium de concentration supérieure à 1,5 mol/l. En présence d'un excès de chlorure de magnésium, ce sel se transforme en Cl_2Mg, $3\,Mg(OH)^2$, $7\,H_2O$, constituant des ciments Sorel définis et formulés parfois avec un degré d'hydratation différent : Cl_2Mg, $3\,Mg(OH)^2$, $8\,H_2O$ (3) (4) (5). Ces auteurs ont encore montré que, s'il est en excès, l'oxyde de magnésium peut subsister sans autre évolution qu'une transformation très lente en hydroxyde. Dans les solutions de chlorure de magnésium plus diluées que 1,5 mol/lit., la seule réaction à envisager est l'hydratation de l'oxyde.

(*) Séance du 2 novembre 1949.

(1) *J. Amer. Chem. Soc.* 54, 1932, p. 2372; *voir* aussi Chassevent, *Chimie et Industrie*, 30, 1933.

(2) *Helv. Chim. Acta*, 27, 1944, p. 1480-95.

(3) G. R. Bury et R. H. Davies, *Journal of the Chemical Society of London*, 135, 3, 1932, p. 2009.

(4) Chassevent, *XIVe Congrès de Chimie industrielle*.

(5) L. Walter-Lévy, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1943.

L'un de nous, étudiant la formation des ciments Sorel à l'aide de diagrammes de rayons X, a retrouvé ces résultats. Il a en outre observé des raies accusant la présence d'un constituant nouveau. Celui-ci a été décelé de la même manière dans des échantillons prélevés sur des revêtements de ciments Sorel présentant un gonflement anormal (6). Les raies caractéristiques forment un spectre identique à celui d'un composé précédemment défini, le chlorocarbonate basique Cl_2Mg, $2\ CO_3Mg$, $Mg(OH)^2$, $6\ H_2O$ (5).

Bien que certains ciments boursouflés contiennent peu de chlorocarbonate, il est probable que la formation de ce composé est une des causes du gonflement autre que l'hydratation de MgO, signalée par Feitknecht et Held.

Le chlorocarbonate basique se trouve presque toujours dans les préparations de ciments âgées de quelques mois. L'analyse par les rayons X a permis de suivre au laboratoire, la substitution du chlorocarbonate aux constituants du ciment Sorel. En présence d'une faible quantité de solution de chlorure de magnésium, ces constituants sont transformés en chlorocarbonate basique par action d'un courant de gaz carbonique. L'air agit de la même manière, mais plus lentement. La réaction peut toutefois devenir rapide (quelques jours) dans le cas d'une solution de chlorure trop diluée pour que les chlorures basiques puissent prendre naissance. Elle ne se produit pas si l'oxyde de magnésium est en grand excès sur la solution mère (plus de 5^{mol} de MgO pour 1^{mol} de $MgCl_2$).

Il a été vérifié que si les réactions ont lieu dans des récipients bien fermés, les phases stables sont en définitive Cl_2Mg, $6\ H_2O$; Cl_2Mg, $3Mg(OH)_2$, $8H_2O$ ou $Mg(OH)_2$ selon la concentration; dans le cas particulier d'une solution saturée de chlorure de magnésium, le chlorure basique s'est conservé sans altération pendant quatre ans.

Par ailleurs, le chlorure basique Cl_2Mg,$3\ Mg(OH)_2$, $8\ H_2O$ et les chlorocarbonates neutres Cl_2Mg, CO_3Mg, $7\ H_2O$ (7) et Cl_2Mg, $2\ CO_3Mg$, $6H_2O$ (8) préparés à l'état de pureté et bien desséchés, qui se sont montrés stables une dizaine d'années en vase hermétiquement clos, se transforment à l'air en chlorocarbonate basique. L'évolution des deux chlorocarbonates, dans ces conditions, est plus rapide que celle des chlorures. En effet, après un mois d'exposition à l'air, les chlorocarbonates neutres sont devenus déliquescents et ne donnent plus que le diagramme du chlorocarbonate basique, alors que la raie la plus intense de ce dernier ne commence à apparaître qu'au bout de deux mois dans le cas du chlorure à $3Mg(OH)_2$ et au bout d'une année en ce qui concerne le chlorure à $5Mg(OH)_2$.

---

(6) Nous devons ces échantillons à M. Meuser Bourgognion.

(7) L. Walter-Lévy, *Comptes rendus*, 205, 1938, p. 1435.

(8) L. Walter-Lévy, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1898.

Ainsi de tous les composés qui peuvent se former à la température ordinaire par action de la magnésie sur une solution de chlorure de magnésium en présence de carbonate, ou du gaz carbonique et de l'humidité de l'air, soit à l'état pur, soit au sein du ciment Sorel, le chlorocarbonate basique Cl_2Mg, $2CO_3Mg$, $Mg(OH)_2$, $6H_2O$ se présente comme le plus stable.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Emploi de la dithizone en solution aqueuse ammoniacale.* Note (*) de M. **Robert Delavault** et M[lle] **Ruth Irish**, présentée par M. Paul Pascal.

L'extraction à la dithizone des solutions très diluées, vers 100 γ ($0^{mg},1$) par litre ou moins, est souvent peu satisfaisante, spécialement pour le dosage du cuivre. On se prend à douter du critérium de fin d'opération : combien de temps faut-il agiter, avant de pouvoir déclarer que, la dernière portion de réactif ajoutée ne changeant pas de couleur, l'extraction est terminée? Les deux minutes indiquées habituellement ne sont pas suffisantes.

5 cylindres gradués de 50^{cm^3}, bouchés à l'émeri, étaient simultanément secoués, placés à 20° de l'horizontale, dans une machine donnant par minute 240 oscillations horizontales de 9^{cm} d'amplitude, ce qui équivaut à une agitation énergique à la main. La solution étalon à 4^{γ} par centimètre cube était préparée chaque jour. Aucun soutirage de dithizone n'avait lieu et la fin de la titration était donnée par la constance de la couleur grise plus ou moins bleutée indiquant la présence dans la solution organique, à côté du complexe métallique pourpre, d'un excès de réactif, vert. Cette compensation physiologique peut varier d'un observateur à l'autre. Le moindre excédent de réactif, quelques pour cent, fait virer au vert, et une aussi faible addition de métal, au rouge. La solution de dithizone à 60 mg/l dans le tétrachlorure de carbone, correspondait environ volume pour volume à la solution de cuivre.

L'extraction comparative de quantités connues de cuivre a montré que la durée d'extraction totale (ou plus exactement le temps nécessaire pour obtenir la nuance que les mêmes quantités avaient donnée dans les conditions plus favorables de l'étalonnage) ne varie guère, au plus du simple au double, quand le degré de remplissage du cylindre varie de 1/5 à 3/4 ou le pH de 5 à 1 ; la dilution de la dithizone, jusqu'à 10 fois, ne l'affecte pas plus, mais la dilution du métal influe considérablement. Le volume des phases liquides restant dans le même rapport entre elles et avec le volume du cylindre, il faut moitié plus de temps si la dithizone est diluée 8 fois, mais 7 fois plus si c'est le cuivre qui est dilué 8 fois, $0^{\gamma},5$ par centimètre cube, soit 15 minutes. L'extraction du cuivre à $0^{\gamma},06$ par centimètre cube, par la dithizone à 20 mg/l a duré 45 minutes; elle était très incomplète après 30 minutes.

Le complexe cuivre-dithizone se dissout très bien dans le tétrachlorure de

(*) Séance du 14 novembre 1949.

carbone, et l'obstacle est probablement un très faible taux de diffusion de la dithizone dans l'eau, qui localiserait la réaction à l'interface des deux phases. On peut former le complexe en solution aqueuse, avec la dithizone en solution dans l'ammoniaque à 1/500, environ 0,03 N. En agitant ensuite avec un volume de tétrachlorure de carbone ou d'un solvant analogue correspondant à la dithizone employée, l'extraction dure quelques minutes au lieu d'une demi-heure ou plus.

Pour les concentrations de l'ordre du γ par centimètre cube, on peut ajouter à la solution quelques centimètres cubes de tétrachlorure de carbone et titrer à la dithizone ammoniacale, en agitant chaque fois jusqu'à nuance grise persistante. Cette nuance ne varie pas en diluant dix fois une solution sombre. Cependant le dichroïsme de réflexion peut superposer une nuance pourpre aux solutions concentrées et il vaut mieux rajouter du tétrachlorure le cas échéant.

La dithizone ammoniacale, instable, doit être préparée au moment de l'emploi; il est commode d'agiter la solution dans le tétrachlorure, plus stable, avec l'ammoniaque diluée.

Pour la détection et le dosage dans les eaux naturelles, en particulier pour la recherche des gîtes métallifères, la sensibilité doit encore être accrue. Devant l'énorme disproportion de volume des deux phases, il nous a semblé préférable de réaliser d'avance la dispersion du réactif. Malheureusement la dithizone se partage entre les deux phases de l'émulsion, et passe même parfois en totalité dans la solution aqueuse émulsifiante, ce qui diminue beaucoup la précision. Nous préférons employer séparément la dithizone ammoniacale et le solvant pur émulsionné. Le xylène, mélange des trois isomères, donne les meilleurs résultats en raison de sa faible solubilité dans l'eau, et de sa moindre volatilité. Il doit être assez pur pour qu'une solution de dithizone à 60 mg/l ne perde pas plus de 15 % de son titre en huit jours, à l'abri de la lumière et de la chaleur. Nous en introduisons 100^{cm^3}, par petites portions, en agitant énergiquement chaque fois, dans 10^{cm^3} de laurylsulfonate de sodium à 1 %. D'autres émulsifiants peuvent convenir.

A l'eau qu'on étudie, par exemple 200^{cm^3} dans un vase cylindrique ouvert, amenée à pH convenable, on mélange 1^{cm^3} de solvant émulsionné, et, en agitant bien, la solution ammoniacale de dithizone en quantité supposée convenable. Après quelques minutes, la presque totalité de la dithizone libre et du complexe sont rassemblés dans les gouttes de xylène surnageantes. La nuance n'est pas uniforme pendant toute l'opération, car la dithizone libre se dissout plus rapidement que le complexe et, d'autre part, celui-ci, formé à la surface des gouttelettes, sera plus abondant par unité de volume dans les plus fines qui montent les dernières à la surface. On peut ainsi mettre en évidence des quantités de cuivre de l'ordre de 1^{γ} par litre, qui sont capables de colorer en

pourpre $0^{cm^3},5$ de solution à 20 mg/l de dithizone. La réaction du zinc est deux fois plus sensible.

Seules les émulsions les plus fines de xylène traversent un filtre mouillé; il est donc relativement facile de recueillir sur le terrain l'ensemble des métaux lourds de l'eau, et d'examiner au laboratoire le contenu du filtre desséché.

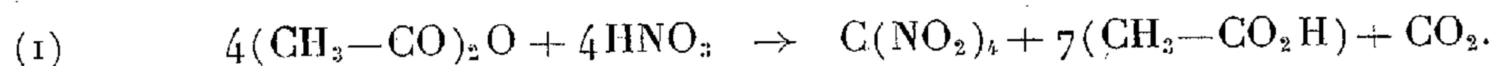
Comme aucune agitation n'est nécessaire, si ce n'est pour mélanger les réactifs, l'émulsification préalable du solvant organique et l'usage de la solution aqueuse de dithizone permettent de travailler sur des échantillons extrêmement petits, avec les méthodes microcolorimétriques usuelles.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode de préparation du tétranitrométhane.* Note de MM. **Georges Darzens** et **Georges Lévy**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le tétranitrométhane, obtenu en 1861 par Schischkow en nitrant le nitroforme $CH(NO_2)_3$, lui-même dérivé du fulminate d'argent, présente un intérêt très particulier du point de vue tant scientifique que technique. Il est utilisé dans les laboratoires pour caractériser les corps présentant une liaison éthylénique avec lesquels il donne une forte coloration jaune. C'est, d'autre part, le seul agent de nitration en milieu neutre ou alcalin, comme l'ont montré Schmidt et Fischer (1). Enfin, en mélange avec des hydrocarbures, il constitue des explosifs d'une puissance exceptionnelle.

On dispose actuellement de quatre procédés pour préparer le tétranitrométhane :

1° Le procédé de Pictet, utilisant l'action de l'acide nitrique sur l'anhydride acétique, qui a été le sujet de nombreux travaux et de brevets (2) :



$$(1) \qquad 4(CH_3-CO)_2O + 4HNO_3 \rightarrow C(NO_2)_4 + 7(CH_3-CO_2H) + CO_2.$$

2° Le procédé de Classen, action de l'acide sulfonitrique sur certains dérivés nitrés aromatiques (3).

3° L'action de l'acide nitrique sur l'acétylène, due à Orton et Mac Kie (4).

4° La nitration du nitroforme.

Seuls les procédés 1 et 3 sont susceptibles de constituer de vraies méthodes de fabrication.

Lorsqu'il s'agit au laboratoire de préparer une petite quantité de produit,

(1) *Ber. deutsch. chem. Gesells.*, 53, 1920, p. 15.

(2) Pictet et Genequand, *Ber. deutsch. chem. Gesells.*, 36, 1903, p. 225; Pictet et Khotinsky, *Comptes rendus*, 144, 1907, p. 211; Chattaway, *Proc. Chem. Soc.*, 26, 1910, p. 164; Berger, *Comptes rendus*, 151, 1910, p. 813.

(3) Brevet allemand 184 229.

(4) Brevet anglais 125 000.

c'est le procédé de Pictet qui est seul envisagé. Nous l'avons réalisé sans danger de la façon suivante :

Dans un ballon contenant 205^g d'anhydride acétique et refroidi à $-5°$, on fait couler lentement 126^g d'acide nitrique à 100 %. Le mélange est maintenu à 0° pendant 3 heures, abandonné à la température ambiante pendant 8 jours, puis porté à 45°-50° pendant 1 heure. On verse sur glace et l'on obtient environ 70^g de tétranitrométhane, soit 72 %.

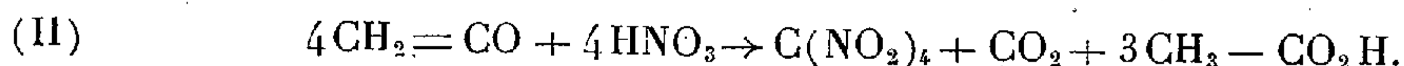
Le cétène $CH_2=CO$ pouvant être considéré comme un anhydride de l'acide acétique, nous avons eté amenés à penser qu'il pourrait également donner du tétranitrométhane par l'action de l'acide nitrique. On obtient d'abord de l'acide nitracétique



$$CH_2=CO + HNO_3 \rightarrow CH_2(NO_2) - CO_2H.$$

L'acide nitracétique contenant deux hydrogènes mobiles (du groupe CH_2) se nitre lui-même avec facilité en acide trinitracétique qui perd CO_2; le nitroforme produit se nitre en tétranitrométhane.

On a la réaction globale



$$\text{(II)} \qquad 4CH_2=CO + 4HNO_3 \rightarrow C(NO_2)_4 + CO_2 + 3CH_3 - CO_2H.$$

L'expérience a entièrement confirmé cette hypothèse; il en résulte un procédé particulièrement avantageux, le cétène pouvant être obtenu économiquement par pyrolyse de l'acétone.

La préparation se réalise de la manière suivante :

Dans un ballon refroidi avec de la glace et renfermant de l'acide nitrique à 100 %, on fait passer lentement un courant de cétène provenant d'un dispositif de pyrolyse de l'acétone; la réaction est immédiate. Le mélange est ensuite versé sur glace et le tétranitrométhane séparé suivant la technique habituelle. Le rendement atteint 90 %.

Ce procédé offre l'avantage d'utiliser l'acétone comme matière première.

De plus, cette nouvelle réaction peut faire supposer que, dans la réaction de Pictet, l'anhydride acétique intervient en se dédoublant d'abord en cétène et acide acétique.

GÉOLOGIE. — *Évolution générale de la pointe de Beauduc.*

Note de Mme **Lucien Razavet**, présentée par M. Charles Jacob.

En dehors du promontoire du grand Rhône dont les eaux apportent à la mer une quantité énorme de sédiments, la pointe de Beauduc est la seule région du delta en progression à peu près continue. Elle s'étend entre deux zones de recul des rivages : l'une à l'Ouest vers les Saintes-Maries-de-la-Mer, l'autre à l'Est vers le grau de la Dent. Dans cette dernière région les dunes recouvertes de végétation, au Sud de l'étang de Beauduc et de Sainte-Anne,

naguère éloignées du rivage de 500 à 600^m, ne sont plus qu'à une cinquantaine de mètres de la mer.

Beauduc est une vaste plaine sableuse, dénudée dans sa plus grande partie, localement interrompue par des champs de dunes mouvantes (en bordure du rivage) ou fixées par la végétation (montilles). La plupart de ces dunes sont des dunes longitudinales se formant dans le lit du vent à partir d'un obstacle. Fixées plus tard par la végétation, elles peuvent même parfois prendre plus d'importance grâce aux plantations de tamaris. Par vent violent du Sud-Est, la mer envahit entièrement le bas territoire, détruit les dunes mobiles et vient battre le pied des *montilles* en maints endroits. Le phare situé à plus de 200^m du rivage se trouve alors environné par les eaux.

La pointe est en progression rapide sur la mer, surtout à l'Ouest et au Nord, où un système de flèches sableuses terminées par des crochons de réfraction incurvés vers la terre borde la côte et isole une lagune en voie d'émersion mais encore en communication avec la mer : la *laume*. Le sol est formé de sable vaseux à arénicoles, très riche en matières organiques.

A peine ondulées sur leur bord externe, les flèches littorales présentent sur leur bord interne des nœuds caractéristiques montrant qu'elles se développent par l'emboîtement successif d'étroites flèches élémentaires et des crochons de réfraction qui les terminent. La plus externe de ces flèches se prolonge devant la passe par une sorte de barre encore immergée, partagée vers ses extrémités en éléments distincts par des zones plus profondes, ces éléments se terminant à chacune de leurs extrémités par un court crochon de réfractions. Vers le Nord-Ouest, cette barre se rattache au rivage par une courte flèche dirigée en sens inverse des précédentes.

La région de la côte considérée ici est doublée vers le large par cinq rides sous-marines parallèles, distantes les unes des autres de quelques dizaines de mètres, installées sur des fonds de pente très faible. Les deux rides les plus proches du rivage aboutissent vers le Sud à des pointes sableuses se rattachant tangentiellement au rivage. L'ensemble des observations confirme donc le fait que les flèches littorales résultent fréquemment de l'émersion progressive (dans le sens longitudinal) de rides littorales immergées.

L'évolution générale de la pointe de Beauduc semble dépendre de phénomènes complexes liés à l'action des vents. Bien que *vent portant* pour la côte Ouest et Nord-Ouest de la presqu'île, le mistral ne semble pas y produire d'érosion sensible, probablement par suite du fait que les apports par transfert venus du Nord suffisent à compenser largement un effet de dispersion au large, sans doute de faible importance (le relèvement relatif du plan d'eau sur une étendue quasi réduite de côte *au vent* ne pouvant être que très minime). Par contre, ce même vent produit un remblayage marqué de la côte Sud pour laquelle il est franchement un *vent de terre* qui, par surcroît, rejette à la mer une quantité relativement importante de sable enlevé aux dunes et aux plages. Au

contraire, les vents de Sud-Est provoquent, suivant le mécanisme classique un recul marqué des grèves Sud, malgré les apports venus de l'Est par transfert. Cet effet d'érosion semble diminuer d'intensité au fur et à mesure que la côte s'infléchit vers l'Ouest et le Nord-Ouest, puis vers le Nord et le Nord-Est, les effets de dispersion perdant progressivement de leur importance vis-à-vis des apports par transfert. Sur le littoral de la laume pour lequel le vent de Sud-Est est localement vent de terre, les effets de remblayage deviennent prédominants et la côte se sédimente.

Ce double mécanisme entraîne en définitive une importante accumulation d'apports venus aussi bien de l'Est que de l'Ouest dans la région de la pointe de Beauduc, et ceci suffit à expliquer la progression de cette région appuyée à une côte en voie d'érosion rapide, malgré l'absence d'apports fluviatiles directs.

GÉOLOGIE. — *Remarques tectoniques sur le massif de Grande Kabylie.* Note de M. **Jean Thiébaut**, présentée par M. Charles Jacob.

Le socle ancien du massif de Grande Kabylie, qui couvre une partie des feuilles de Fort-National, Tazmalt, Dra el Mizan, Tizi-Ouzou et Palestro de la Carte Géologique au 1/50000 de l'Algérie, est constitué par deux ensembles bien distincts :

Le premier comporte des granites, des gneiss œillés, des micaschistes, des amphibolites et des calcaires métamorphiques traversés par des pegmatites ou parcourus par des filons granitiques. Leur étude pétrographique les désigne comme *migmatites*.

Le second est essentiellement formé de schistes et de quartzites sériciteux, de cipolins, de mylonites recristallisées : il appartient à la zone des *micaschistes supérieurs-ectinites* suivant la nomenclature en usage dans le Massif Central (1).

Au point de vue de la répartition de ces deux complexes, on observe, dans l'ensemble, que les migmatites sont surtout développées au Nord du massif, tandis que les ectinites en occupent les parties méridionale et orientale.

Toutefois, dans le détail, on peut distinguer du Sud au Nord :

a. Une bande EW de schistes à séricite, allant de la région de Tizi-Reniff à celle du Col de Chellata. Elle a une épaisseur moyenne de 10^{km}.

b. Des migmatites s'étendant de Klaa à la région de l'Oued Ksari, avec deux zones de surélévation : l'une, à l'Est, correspond à toute la région NW de la feuille de Fort-National; elle est située au Sud de la plaine de Sebaou avec laquelle elle est en contact faillé, et elle s'ennoie à l'Est sous les schistes à séricite. L'autre, à l'Ouest, s'étend du cours moyen de l'Oued Ksari à une région située

(1) J. Jung et M. Roques, *Rev. Sc. Nat. Auvergne*, 1, 1936.

immédiatement à l'Ouest de la piste Tizi-Ouzou-Bou Hassem. Entre ces deux régions, existe une zone de dépression centrale, essentiellement occupée par des schistes à séricite, sous lesquels, latéralement, les gneiss viennent s'ennoyer de façon brusque.

c. Une bande de schistes à séricite enveloppe la terminaison orientale des gneiss de l'Oued Ksari et se prolonge dans la direction de l'ENE, en une zone broyée que coupe la route Mirabeau-Boghni, à $1^{km},300$ au Nord-Est d'Allela. Cette bande sépare le massif de l'Oued Ksari d'un nouveau massif migmatitique, situé au Nord-Ouest, dont l'étude est en cours.

Lorsqu'on étudie les relations des unités tectoniques ainsi définies, on observe que le contact entre migmatites et ectinites est *toujours un contact anormal.*

Le passage entre gneiss et schistes à séricite se fait *sans aucune transition pétrographique normale*; il est d'une façon constante, *jalonné par une bande de roches écrasées;* la brèche mylonitique, où l'on retrouve les éléments des deux roches en contact, ne révèle, au microscope, aucune trace de recristallisation.

Le massif de Grande Kabylie a une structure isoclinale, chaque pli chevauchant celui qui le précède au Nord; il est formé d'écailles de schistes à séricite poussées au Nord dans le complexe migmatitique. Sur une échelle plus réduite, M. L. Glangeaud (²) a déjà signalé un style en écailles comparable dans le massif de la Bouzaréah, aux environs d'Alger.

Sur la cause profonde d'une telle structure, on est réduit aux hypothèses : peut-être s'agit-il de poussées de migmatites en *plis de fond*? Suivant le schéma de Wegmann, les migmatites constitueraient l'*infrastructure* d'un édifice dont les ectinites formeraient la *superstructure*.

Quant à l'âge des mouvements, nous ne pouvons dire qu'une chose : vu l'absence de recristallisation dans les mylonites de contact, il est postérieur à l'ultime phase de métamorphisme ayant affecté les terrains affleurant dans cette région.

En résumé, les terrains affleurant en Grande Kabylie sont constitués, d'une part par des migmatites, de l'autre par des ectinites appartenant à la zone des micaschistes supérieurs; ces deux complexes présentent une structure isoclinale dans laquelle les schistes à séricite forment des écailles poussées au Nord, en contact anormal avec les gneiss.

(²) L. Glangeaud, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 182.

GÉOLOGIE. — *Sur la formation des rides sous-marines littorales.* Note de M. **André Rivière**, présentée par M. Charles Jacob.

Les rides sous-marines littorales peuvent se rencontrer sur les côtes en voie de recul comme sur les rivages en cours de sédimentation, mais elles ne se développent bien que dans les zones de transport sédimentaire actif ([1]). Leur plus grande fréquence sur les côtes plates à faible pente permet de penser qu'elles sont liées à la tendance des profils littoraux trop aplatis à se redresser, en se rapprochant du profil d'équilibre moyen correspondant aux conditions et à la période considérée. Probablement correcte et susceptible d'être utilement utilisée dans l'interprétation de beaucoup de phénomènes littoraux, cette hypothèse n'indique rien en ce qui concerne le mécanisme même de la formation des rides.

J'ai montré ([2]) que le déferlement des houles sur les grèves entraînait l'existence d'une zone étroite de grande turbulence caractérisée par l'intensité des déplacements sédimentaires. L'observation même sommaire de la granulométrie des sables du fond montre que le passage de la zone de grande turbulence aux eaux moins agitées du large est relativement brutal. Par un mécanisme très comparable à celui de la constitution des levées bordant les chenaux externes de certains deltas, des dépôts auront tendance à se faire à la limite de la zone calme et, si la pente des fonds est assez faible pour que les phénomènes de dispersion ne soient pas trop actifs, une première ride sédimentaire se constituera. L'apparition des contre-pentes et le fait que les vagues de gros temps créent au sommet de la ride une zone de turbulence et par suite d'érosion, limitent le développement de la ride qui, toutes choses égales d'ailleurs, eût fini par se trouver dans un état d'équilibre dynamique précaire [j'ai montré comment il pouvait évoluer ([1])].

Les vagues dont l'amplitude atteint une valeur suffisante, ont tendance à déferler sur le sommet et même sur le talus externe de la ride, donnant naissance à une seconde zone de turbulence active et de transport sédimentaire qui, par le même mécanisme que précédemment, provoquera éventuellement la formation d'une seconde ride parallèle à la première. Sur les côtes suffisamments plates, le phénomène peut se répéter, conduisant ainsi à un système de plusieurs rides parallèles.

Lorsque des circonstances quelconques, même fortuites, ont amené l'élargissement ou la surélévation locale de la ride voisine du rivage, elle a tendance à produire un effet d'écran amenant, par un mécanisme identique à celui de la formation des tombolos, à la fois l'élargissement de la gréve et le remblayage du

([1]) *C. R. Soc. Géol.*, 7 nov. 1949 (en cours d'impression).

([2]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 940.

flanc continental de la ride; le chenal qui les séparait se rétrécissant rapidement et pouvant finir par disparaître. Le long de rivages pratiquement stables, l'évolution de ces phénomènes demeure incomplète et les aspects décrits se modifient ou disparaissent plus ou moins complètement (par exemple, grèves de Fréjus). Par contre, dans les régions de sédimentation active (par exemple, côte Nord-Ouest de Beauduc), le rattachement local de la ride à la terre peut devenir définitif, celle-ci émergeant d'abord localement pour se transformer en flèche littorale ([1]).

Bien que cette étude ait été faite sur des systèmes de rides sous-marines voisines des rivages (o à 300^{m}), les conclusions qui s'en sont dégagées semblent pouvoir être étendues aux rides sous-marines plus éloignées des côtes qui ont été observées sur certains rivages. Très probablement aussi, elles correspondent à des zones de transition rapide entre des fonds aux eaux relativement calmes et des zones de forte turbulence (quelle que soit la cause de celle-ci : courant de marée, courant de houle ou début de déferlement sur un haut fond préexistant). On conçoit que, comme les rides sous-marines voisines de la côte, celles qui prennent ainsi naissance à de plus grandes distances des côtes pourront éventuellement, si elles arrivent assez près de la surface pour provoquer le déferlement des houles, donner naissance à des rides satellites.

Enfin, la présence de rides sous-marines semble favoriser le développement des courants de houle littoraux.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Les caractéristiques fondamentales du cerveau des Ongulés périssodactyles.* Note de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

Au Laboratoire d'Anatomie comparée du Muséum, j'ai poursuivi l'étude du cerveau (télencéphale) du Rhinocéros (*Rhinoceros* [*Diceros*] *unicornis* L.), genre très sommairement décrit, autrefois, au point de vue cérébral, par A. H. Garrod, en 1877, J. Krueg, en 1878, puis M. Holl, en 1900.

Cette étude s'ajoute à mes recherches antérieures sur le cerveau du Tapir (*Tapirus* [*Acrocodia*] *indicus* Desm. et *Tapirus* [*Tapirus*] *americanus* Briss.) ([1]) et au mémoire de R. Anthony et J. de Grzybowski sur le développement du *neopallium* chez le Cheval (*Equus caballus* L.) (1930) pour permettre, aujourd'hui, d'établir les caractéristiques fondamentales du cerveau des Ongulés périssodactyles ([2]). Ce sont les suivantes :

([1]) Dont une Note parue ici même (M. Friant, *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 963-964).

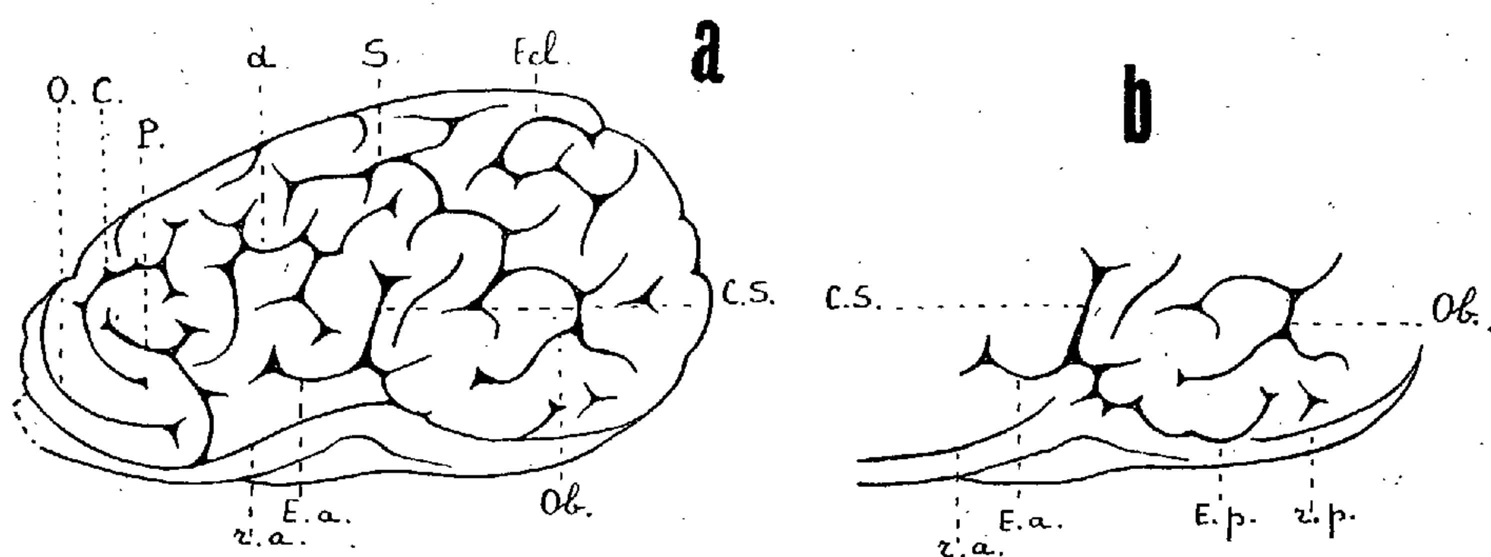
([2]) Du Daman (*Procavia*), Périssodactyle indubitable, il ne sera pas question, car, en rapport avec sa faible taille, son *neopallium* est très peu plissé (M. Friant, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 52-54).

1° Le développement considérable du rhinencéphale, comme il est de règle chez les Ongulés.

2° L'aspect plus ou moins rectiligne des sillons du *neopallium* (arqués, au contraire, chez les Carnassiers).

3° L'indépendance des Scissures rhinales, antérieure et postérieure, disposition exceptionnelle parmi les Mammifères, chez lesquels, à l'âge adulte, ces deux sillons sont, typiquement, en continuité. G. Elliot Smith a souligné ce caractère pour le Tapir (1902). La figure *b*, après écartement des lèvres d'operculisation, le met en évidence pour le Rhinocéros. L'excellente photographie de R. Anthony et J. de Grzybowski et la dissection que j'ai faite du cerveau n° 1948-635 du Centre de prélèvements biologiques l'indiquent, de même, pour le Cheval ([3]).

4° Le mode d'operculisation, qui porte sur le *Gyrus arcuatus* n° 1 (*neopallium*) et sur la face supérieure du lobe piriforme (rhinencéphale), les sillons



Rhinoceros (*Diceros*) *bicornis* L. Adulte mâle des Collections d'Anatomie comparée du Museum. Face externe de l'hémisphère cérébral gauche (en a), avec le schéma de la région operculisée, après écartement de la lèvre operculisante de l'*ectosylvia* (en b).

r. a., Scissure rhinale antérieure; r. p., Scissure rhinale postérieure; E. a., *Ectosylvia* antérieure; E. p., *Ectosylvia* postérieure; C. S., Complexe sylvien; P., *Præsylvia*; O., Orbitaire; S., *Suprasylvia*; C. Coronal; Ecl., Ectolatéral; Ob., Sillon oblique; d., Sillon diagonal. — $^1/_2$ de la grandeur naturelle.

d'operculisation étant l'*Ectosylvia* et la scissure rhinale postérieure. Il en résulte une *Insula*, à la fois, néopalléale et rhinencéphalique, alors qu'en général l'*Insula* des Mammifères est tout entière néopalléale.

5° La position presque transverse du Coronal qui prolonge, comme typiquement, le Latéral, le Coronal étant, au contraire, dirigé vers la *Suprasylvia* dans le vaste groupe des Artiodactyles (*Suidæ*, *Hippopotamidæ*, Ruminants).

([3]) Toutefois, chez les *Equidæ*, cette disposition semble secondaire, les deux scissures rhinales étant en continuité, au cours de la vie fœtale.

6° La présence, sur la face externe des hémisphères, de sillons de complication; ce sont, par ordre d'importance :

a. Le Sillon oblique de Holl, vers l'arrière, qui, très souvent, s'unit à la Suprasylvia.

b. Le Sillon diagonal de Holl, vers l'avant.

c. Le *Supra-insularis* de Holl (qui manque parfois), au-dessus du complexe sylvien.

Quoique, par leur position, l'Oblique et le Diagonal rappellent les Sillons δ et γ des Artiodactyles, il ne semble pas y avoir, entre eux, d'identité.

De cet exposé, il résulte que la morphologie des hémisphères cérébraux, comme la constitution des extrémités, éloigne les Ongulés périssodactyles des Ongulés artiodactyles, ainsi que le prouve une série de caractères anatomiques, notamment : l'indépendance des Scissures rhinales, unies chez les autres Mammifères, la continuité du troisième Sillon arqué (Corono-Latéral), disjoint, au contraire, chez les Artiodactyles, le mode d'operculisation, bien que les *Giraffidæ,* à ce dernier point de vue, établissent une sorte de transition entre les deux groupes actuels d'Ongulés.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'emploi de la formule de Poisson dans les statistiques du seuil absolu de vision.* Note de M. **Yves Le Grand**, présentée par M. Jean Becquerel.

Divers auteurs ([1]) ont utilisé la loi théorique de Poisson pour représenter la distribution statistique des réponses de *vu* et *non vu,* dans les expériences où l'on détermine le seuil absolu d'un bref éclair lumineux quasi ponctuel. L'expérience prouve en effet que le nombre de photons qui pénètrent, à chaque éclair, dans l'œil du sujet est, dans les conditions favorables, de l'ordre d'une centaine seulement; d'après ce que l'on sait d'autre part de la concentration du pourpre rétinien, le nombre des photons absorbés dans les récepteurs photosensibles doit être beaucoup moindre, et il se peut donc que quelque quanta de lumière suffisent à engendrer la sensation lumineuse. Dans ces conditions, la formule de Poisson semble tout indiquée pour représenter la probabilité p de vision des éclairs

$$(1) \qquad p = \mathrm{e}^{-m} \sum_{k=n}^{k=\infty} \frac{m^k}{k!},$$

([1]) S. Hecht, *J. Opt. Soc. Amer.*, 32, 1942, p. 42; S. Hecht, S. Shlaer et M. Pirenne, *J. Gen. Physiol.*, 25, 1942, p. 819; H. van der Velden, *Physica*, 11, 1944, p. 179; C. Peyrou et H. Piatier, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 589; M. Bouman et H. van der Velden, *J. Opt. Soc. Amer.*, 37, 1947, p. 908; E. Baumgardt, *Rev. d'Opt.*, 28, 1949, p. 453.

m désignant le nombre moyen de photons absorbés par la rétine lors de chaque éclair, et n le nombre minimum de photons dont l'absorption produit la sensation (n entier, m quelconque). On suppose donc implicitement que tout éclair comprenant moins de n photons effectifs n'est jamais vu, tandis que tout éclair qui en contient n ou davantage est toujours vu; il n'y aurait pas de fluctuations propres au récepteur, seule la structure quantifiée de l'énergie lumineuse engendrerait une dispersion des réponses.

Si l'on admet ces prémisses, on peut en déduire expérimentalement la valeur de l'entier n, bien que la variable m ne soit pas connue en valeur absolue et qu'on sache seulement la faire varier en valeur relative; il suffit en effet de dessiner la courbe de p en fonction de $\log m$: la forme de cette courbe ne dépend que du nombre n, qui se trouve ainsi déterminé. Par cette méthode, on a obtenu des valeurs de n comprises entre 2 et 10.

Toutefois l'absence de fluctuations propres au récepteur semble improbable. Autrefois, on admettait que la dispersion statistique des réponses provenait entièrement du sujet; maintenant on l'attribue uniquement aux fluctuations du stimulus; il semblerait logique de tenir compte à la fois de ces deux facteurs, et de remplacer l'expression (1) par la formule plus générale

$$p = e^{-m} \sum_{k=0}^{k=\infty} \frac{m^k}{k!} \mathrm{P}(k), \tag{2}$$

la fonction $\mathrm{P}(k)$ désignant la probabilité d'être perçu que possède un éclair de k photons effectivement absorbés.

La fonction P ne nous est pas connue, mais, à titre d'exemple et par analogie avec d'autres statistiques sensorielles, nous allons supposer qu'on puisse la représenter par une intégrale normale de probabilité

$$\mathrm{P} = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\gamma} e^{-x^2}\, dx, \tag{3}$$

la variable auxiliaire γ étant définie par

$$\gamma = \frac{k - k_0}{\alpha \sqrt{2 k_0}}. \tag{4}$$

Dans cette dernière expression, k_0 désigne le seuil au sens statistique ($\mathrm{P} = 0,5$) et α le coefficient de Crozier, c'est-à-dire le quotient de l'écart-type par le seuil; en vision, on sait [2] que α est habituellement voisin de 0,5. L'ensemble des formules (2) à (4) nous permet de représenter (avec les variables $\log m$ et p) les lois de probabilité par un réseau de courbes dépendant de deux para-

---

[2] Y. LE GRAND, *Optique physiologique*, 2, 1949, p. 268.

mètres (k_0 et α), tandis que la loi de Poisson n'en contient qu'un (n). A l'inverse de ce qu'un examen superficiel aurait laissé prévoir, on constate, à l'examen de ces courbes, que le fait de négliger la dispersion du récepteur ($\alpha = 0$) abaisse en apparence le nombre de photons effectifs ; par exemple, après une translation convenable, la courbe $k_0 = 5$, $\alpha = 0{,}5$ se superpose assez bien à la courbe $n = 2$, tandis que la courbe $k_0 = 5$, $\alpha = 0{,}4$ se confond presque exactement avec la courbe $n = 3$. Il en résulte que l'emploi de la formule de Poisson ne donne qu'une *limite inférieure* du nombre de photons effectifs au seuil; la valeur réelle en diffère d'autant plus que α est plus grand. Ce résultat reste sans doute exact quelle que soit la loi de probabilité P.

La même conclusion s'applique aux méthodes qui déterminent n d'après les lois de sommation spatiale ou temporelle. Par exemple, au lieu d'admettre que deux photons ajoutent entièrement leurs effets quand ils sont absorbés par une unité réceptrice dans un intervalle de temps inférieur à une valeur τ, tandis qu'ils agissent indépendamment dès que leur intervalle excède τ, il faudrait tenir compte d'une diminution progressive de la sommation à mesure que croît l'intervalle. Quand on néglige cette variation, on est conduit, dans l'interprétation des lois expérimentales, à ne mettre en jeu qu'un nombre de photons inférieur à la réalité.

A 15h45m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITE SECRET.

La Section de Mécanique, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacance par le décès de M. *Jules Drach :*

En première ligne............	M. **Maurice Roy**.
En seconde ligne, ex æquo, *par ordre alphabétique*..........	MM. **Jean Leray**. **Charles Platrier**.
En troisième ligne, ex æquo, *par ordre alphabétique*...........	MM. **Maurice Garnier**. **Jean Mandel**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17h5m.

L. B.

ERRATA.

—

(*Comptes rendus* du 24 octobre 1949.)

Note présentée le 17 octobre 1949, de M. *Jean Vergnolle*, Application de l'effet Miller à la compensation des déphasages dans un pont de conductibilité :

Page 831, 22e ligne, *au lieu de* réajustement de la fréquence de la compensation, *lire* réajustement fréquent de la compensation.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 NOVEMBRE 1949.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Ejnar Hertzsprung**, Directeur honoraire de l'Observatoire de Leyde, et **Hendrik Anthony Kramers**, Professeur à l'Université de Leyde, Correspondants de l'Académie, qui assistent à la séance.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

J'ai la tristesse de vous annoncer la mort de notre Confrère non résidant, René Maire, Professeur à l'Université d'Alger. Nous le savions gravement atteint depuis quelques mois. Hélas, l'issue fatale est survenue le 24 novembre et nous allons consacrer quelques instants à évoquer sa carrière particulièrement féconde.

Il était né le 29 mai 1878 à Lons-le-Saunier, dans une famille de forestiers. Dès sa prime jeunesse, il s'intéressa aux arbres, aux plantes et aux champignons de son pays franc-comtois. Amorcées à l'âge exceptionnel de quinze ans, des publications le prouvent, dénonçant une vocation particulièrement précoce, qui ne devait guère tarder à s'accuser, puis à connaître par la suite un splendide développement.

Étudiant à Dijon, ensuite et surtout à Nancy, au point que pour beaucoup il passe pour lorrain, René Maire fréquenta simultanément les Facultés de Médecine et des Sciences. Docteur ès sciences en 1902 avec une thèse soutenue à Paris, il n'acquit que plus tard, en 1916, durant la guerre mondiale où il servit comme médecin militaire et fut blessé à Salonique, le grade de docteur en médecine. Quant aux fonctions universitaires, d'abord préparateur et chef de travaux à Nancy, il vint à Caen en 1908 comme maître de Conférences, et finalement accéda en 1911 à la chaire de Botanique de la Faculté des Sciences d'Alger qu'il a ainsi occupée pendant trente-sept ans.

Son labeur scientifique, couvrant plus d'un demi-siècle, s'est traduit par la publication de plus de 400 Notes ou Mémoires. On peut les répartir dans trois domaines principaux : la Cytologie ou étude micrographique de la cellule et, dans le cas particulier, chez les Champignons; la Mycologie ou étude des Champignons eux-mêmes à tous les points de vue : morphologie, systématique et biologie; Étude floristique des végétaux supérieurs enfin, considérés principalement dans leur détermination minutieuse et leurs associations biologiques, et cela finalement dans les régions méditerranéennes et d'Afrique du Nord.

C'est par la Cytologie que son nom a acquis au début une solide notoriété. L'étude de la cellule et surtout du noyau et de la fécondation chez les Champignons étaient alors, en particulier en France, en plein essor. Avec de délicates observations et aussi des idées originales, Maire a produit notamment le gros travail sur les Ascomycètes et Basidiomycètes qui lui a servi de thèse de doctorat et reste fondamental à plus de quarante années d'intervalle.

Quant aux Champignons dans leur ensemble, Maire en a ramassé toute sa vie. Il les connaissait admirablement, orientant leur détermination aussi bien sur des caractères microscopiques que sur le détail bien compris de leurs caractères macroscopiques. En l'occurence et parmi bien d'autres, ses travaux, qui ont mis de l'ordre dans la difficile famille des Russules, restent des modèles. Finalement Président d'honneur de la Société mycologique de France, il en suivait autant que possible les réunions et excursions, courtois et même amical pour tous, encourageant les jeunes, admettant avec bonhomie les discussions avec les aînés. A l'étranger il était apprécié aussi, au point que dans une adresse présidentielle de 1932, le Président de la *British Mycological Society* pouvait rappeler que René Maire avait été appelé « le maître de la mycologie contemporaine ». A propos des Champignons parasites, Maire n'est jamais resté indifférent aux questions appliquées, en rendant par exemple de grands services à propos de maladies cryptogamiques qui dévastaient les palmeraies africaines.

Quant au troisième domaine de son activité, les végétaux supérieurs, Maire a herborisé avec passion toute sa vie, d'abord en Franche-Comté et en Lorraine, puis au cours d'innombrables voyages en Grèce, en Anatolie, c'est-à-dire en Turquie d'Asie, en Espagne, en Corse, en Italie, pour finalement, depuis son installation à Alger, s'attacher surtout à l'Afrique du Nord, de la Lybie au Maroc et jusqu'au Sahara. A ce propos encore, sa liste bibliographique est particulièrement copieuse, tant signée de sa part propre qu'avec des collaborateurs, souvent plus jeunes et qu'il stimulait de son exemple et de son enthousiasme. Émergent quelques gros ouvrages : *Contributions à l'Étude de la Flore de l'Afrique du Nord*, *Catalogue des plantes du Maroc*, *Tableaux phytogéographiques du Maroc*, *Carte phytogéographique de l'Algérie - Tunisie*, *Étude sur la flore et la végétation du Sahara central*. L'aboutissement devait être un monument : la *Flore de l'Afrique du Nord*, « dont chaque description, chaque

référence, chaque détail ont été revus et contrôlés par lui », m'indique Roger Heim. L'œuvre reste malheureusement inachevée. Prévue en huit volumes, l'un d'eux est composé; trois autres pourront l'être. Souhaitons que tout cela soit continué.

Puis-je, au sujet des flores africaines, faire appel à un souvenir personnel? Me trouvant à Alger en 1942, et plus ou moins chargé d'organisations générales, je ne pouvais manquer de rendre visite à un Collègue dont, depuis longtemps, on célébrait la haute valeur. René Maire m'accueillit dans son laboratoire, me donna une idée de la richesse de ses herbiers et me montra aussi de gros manuscrits préparés pour sa Flore africaine. Ensemble, nous nous prîmes à ébaucher des projets concernant une disposition et une utilisation meilleures de cette documentation incomparable. Quelques temps après, revenant du Sahara et me rendant au Maroc, j'eus l'agréable surprise de le trouver dans le train et de faire une partie du voyage avec lui. Le long du trajet nous regardions passer les paysages avec leurs arbres, leurs cultures, la brousse et aussi les bêtes et les gens. Maire se laissa très volontiers interroger, pour partir bientôt dans un véritable monologue, vivant, jovial, montrant à quel point cet homme connaissait les régions traversées. Je l'écoutais et le regardais, en admirant un naturaliste comme on n'en rencontre pas souvent.

De bonne heure, l'Académie des Sciences avait fixé sur lui son attention. Elle l'avait élu Correspondant pour la Section de Botanique le 4 juin 1923. Plus tard, lorsque, très opportunément en 1945, un décret a doublé le nombre de nos membres non résidants, répondant ainsi à notre vœu de pouvoir admettre parmi nous un nombre plus grand de savants qui, comme René Maire, ont refusé des offres tentantes de venir à Paris pour, localement et jusqu'au bout, se consacrer à l'œuvre de toute leur vie, le nom de René Maire s'est imposé comme le premier à retenir. En fait, nous l'avons élu le 6 mai 1946.

A Madame René Maire et à la famille de notre regretté et grand Confrère, nous adressons l'expression de toute notre sympathie.

OCÉANOGRAPHIE. — *Mesures de la dépression de l'horizon de la mer à Monaco.* Note (*) de M. **Jules Rouch**.

Du 1er octobre 1948 au 30 septembre 1949, 58 mesures de la dépression de l'horizon de la mer ont été faites à Monaco d'une hauteur de 70m,83.

L'instrument employé était un niveau-tachéomètre Kern, permettant d'apprécier une différence d'inclinaison de 2″. Mais il est difficile d'obtenir une pareille précision dans le pointé de l'horizon sur le fil horizontal du réticule.

La moyenne des 58 observations réparties sur tous les mois de l'année est

(*) Séance du 21 novembre 1949.

égale à 14′94. La température moyenne de l'air pendant ces observations a été de 15°7, la température moyenne de la mer, mesurée au pied du rocher de Monaco, de 16°9.

Si l'on exprime la dépression D en fonction de $\sqrt{h/10}$, h étant la hauteur en mètres de l'œil de l'observateur, on a

$$D(\text{minutes d'arc}) = 5,6\sqrt{\frac{h}{10}}.$$

Ce coefficient 5,6 est celui qui est généralement adopté pour le calcul de la dépression de l'horizon en fonction de la hauteur. Il est intéressant d'en trouver une vérification pour la hauteur de 70 mètres.

On admet que la dépression D dépend dans une certaine mesure de la différence Δ entre la température de l'air et la température de la mer. D'après nos 58 observations, le coefficient de corrélation entre D et Δ est égal à 0,67. Le coefficient de régression est égal à 0′11, ce qui montre qu'à toute variation de 1° de Δ correspond une variation de D égale à 0′11.

Dans ces conditions, la formule qui donne la dépression est la suivante

$$D = 1,79\sqrt{h} - 0,11\Delta.$$

Cette formule se rapproche très sensiblement de la formule proposée par l'Amirauté Japonaise en 1933

$$D = 1,78\sqrt{h} - 0,08\Delta.$$

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Puissante émission solaire de rayons cosmiques.* Note de M. Alexandre Dauvillier.

Le 19 novembre dernier vers midi (T. U.), mon attention était attirée par une intensité inusitée du rayonnement cosmique, accusée par mon variomètre à lecture directe de Bagnères (alt. 550^m). L'appareil, aussitôt vérifié, se révéla d'un fonctionnement absolument correct. En même temps, le magnétographe associé accusait une augmentation brusque d'amplitude de la variation diurne, ce qui dénotait l'apparition probable d'une forte éruption chromosphérique. Enfin, durant la nuit suivante, un orage magnétique était enregistré, accompagné d'une brusque diminution de l'intensité des rayons cosmiques.

Cet appareil enregistreur, construit il y a une dizaine d'années, a été continuellement perfectionné depuis. Il comporte une chambre d'ionisation géante (120^l) en alumag, remplie d'argon comprimé sous une dizaine d'atmosphères. Le gaz a été purifié, *in situ*, au moyen d'un four à calcium, si bien que la saturation — non pas apparente, mais réelle — est obtenue sous quelques centaines de volts seulement et que la chambre ne présente pas de coefficient de température. Le courant d'ionisation (2.10^{-12} A) est mesuré au moyen

d'une lampe électromètre montée en pont, selon le schéma proposé par A. Rogozinski. La résistance de fuite est maintenant une Victoreen de 10^{12} ohms, à très faible coefficient thermique. La lampe électromètre et cette résistance sont enfermées dans un carter métallique évacué, blindé de μ métal et calorifugé. Grâce à cette résistance, le thermostat, longtemps utilisé, n'est plus nécessaire.

Le panneau de contrôle, d'étalonnage et d'enregistrement, comporte un microampèremètre, indiquant, par lecture directe, l'intensité du rayonnement non filtré et l'enregistrant par pointés, à la cadence de six minutes. La précision est de l'ordre du millième. Elle est limitée par la fluctuation statistique. Il comporte, en outre, un milliampèremètre enregistreur multicourbes à pointés colorés, indiquant, simultanément, par lecture directe, à grande échelle, la pression barométrique et l'intensité de la composante horizontale du champ magnétique terrestre. Le baromètre et le variomètre sont situés à quelque distance, dans un local obscur à température constante. Ce variomètre magnétique, qui sera décrit ultérieurement, est un appareil à répétition photoélectrique. Il est ainsi possible d'avoir, à tout instant, sous les yeux, l'intensité du rayonnement cosmique et la grandeur des deux éléments dont il dépend : la pression barométrique et le champ géomagnétique. Les enregistrements sont effectués à la vitesse horaire de un centimètre et sont directement comparables.

L'intensité du rayonnement cosmique, très constante le 19 jusqu'à $11^h 30^m$ (T. U.), a commencé à croître linéairement à partir de cet instant pour présenter une augmentation de 3,6 % une demi-heure plus tard, après quoi, elle a diminué exponentiellement, pour reprendre, trois heures après le début du phénomène, sa valeur initiale.

Le *crochet*, observé dans l'intensité de la composante horizontale, a débuté brusquement à $10^h 36^m$. L'intensité a montré une diminution de 17γ, qui a persisté durant une demi-heure. Après quoi, l'intensité a rapidement repris sa valeur normale.

L'orage magnétique associé semble avoir commencé 6 heures et demie après le début de ce phénomène. La composante horizontale a montré une diminution de $145\ \gamma$, 10 heures et demie plus tard. L'intensité du rayonnement cosmique, par suite de cet orage, a diminué brusquement de 2,4 %, 8 heures un quart après le début, et cette diminution a persisté durant 13 heures.

Le Soleil est demeuré inobservable à Bagnères, au Pic du Midi et à Meudon le 19 novembre, mais M. L. d'Azambuja a bien voulu m'informer qu'il avait reçu deux télégrammes, l'un de Prague, l'autre d'Édimbourg, annonçant, tous deux, l'observation partielle d'une éruption chromosphérique importante (intensité 3 dans l'échelle de Zürich) à $10^h 30^m$ (T. U.). Il est probable que des évanouissements simultanés dans la propagation des ondes radioélectriques courtes, un renforcement brusque dans la réception des para-

sites atmosphériques et un renforcement de l'émission hertzienne solaire ont été observés dans l'hémisphère éclairé.

Cet accroissement rare, brusque et sporadique de l'intensité des rayons cosmiques, ne peut être attribué à un effet géomagnétique, puisque la variation simultanée de l'intensité de la composante horizontale est insignifiante. Il ne peut davantage être attribué à une variation du moment magnétique du Soleil, lequel est négligeable actuellement. Le champ solaire s'est évanoui, une fois de plus cette année, et son intensité était, d'après G. Thiessen, inférieure à 3 gauss, limite de précision des mesures. Il s'agit bien d'une émission de rayons cosmiques solaires, sous l'effet accélérateur de la variation d'intensité du champ magnétique d'une tache en activité, phénomène traduit visuellement par l'apparition d'une éruption chromosphérique ou décharge disruptive.

Pour expliquer pourquoi tant d'éruptions de ce genre ne sont pas accompagnées d'une telle émission de rayons cosmiques, les physiciens de la Carnegie Institution ont suggéré que ce rayonnement nous parvenait sous forme d'un jet corpusculaire dirigé, issu d'un « tunnel » fortuitement créé sous l'action combinée du champ magnétique général du Soleil et du champ local du foyer d'activité. Nous avons dit, cependant, que le champ général du Soleil était, actuellement, inobservable, et il suffit d'admettre que nous recevons un jet *dirigé* par le champ magnétique local du foyer d'activité et que ce jet a fortuitement atteint la Terre le 19 novembre. La latitude géomagnétique du Pic du Midi exige que les protons émis aient une énergie minima de 3.10^9 eV. Le phénomène observé le 19 novembre confirme l'origine stellaire et galactique du rayonnement cosmique, et la conclusion à laquelle nous étions arrivé l'an dernier (1), à savoir que ces rayons sont engendrés par les variations rapides du magnétisme stellaire.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles observations sur une cécidie foliaire accompagnée d'une courbure de la tige d'*Artemisia vulgaris *L.* Note de M. **Gustave Nicolas** et Mlle **Berthe Aggéry.**

Une Note précédente (1) était consacrée à la courbure de quelques tiges d'*Artemisia*, dont les feuilles seules étaient attaquées par un Aphide, *Cryptosiphum Artemisiæ* Passerini, qui sécréterait une auxine dans les feuilles plus ou moins déformées, auxine qui diffuserait dans les rameaux et même la tige principale, dont elle provoquerait une réduction de longueur et parfois la courbure.

En août 1949, l'un de nous a observé, dans la même région qu'en 1947, une

(1) A. Dauvillier, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1003.

(1) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1238-1240.

station où, sous l'action des Pucerons des feuilles, presque toutes les tiges principales d'Armoise présentaient des courbures très accentuées. Nous avons cherché à préciser l'action de l'auxine sur la morphologie de ces tiges.

On sait que les phytohormones sont susceptibles, suivant les quantités mises en jeu, de réduire la croissance en longueur et d'accroître, par contre, la croissance en épaisseur; c'est ce qui se produit aussi ici.

Les entre-nœuds de la partie de la tige portant des feuilles-galles avec Pucerons, que cette tige reste rectiligne lorsque toutes les feuilles sont attaquées par les Pucerons, ou qu'elle se recourbe lorsque l'une de ses faces porte seule des feuilles-galles ou en supporte beaucoup plus que la face opposée, sont plus courts que ceux d'une tige normale; l'auxine sécrétée par des Pucerons diffuserait, dans le premier cas, dans toute l'épaisseur de la tige et, dans le second, agirait surtout sur la face qui en reçoit le plus, d'où courbure.

Ainsi, voici les longueurs, en centimètres, des 21 entre-nœuds, comptés à partir du sommet, de la partie convexe d'une tige recourbée à partir du 22e nœud et d'une tige rectiligne, à feuilles sans Pucerons :

Tige normale : 0,2-0,2-0,2-0,5-0,5-0,6-0,7-0,8-0,9-1-1,1-1,5-1,5-2,5-3-3-3-3-3-4-4 (22e);

Tige recourbée : 0,13-0,13-0,13-0,15-0,15-0,3-0,3-0,3-0,4-0,5-0,5-0,8-0,8-1-1,1-1,5-1,5-1,8-1,8-2-2-4 (22e, au-dessous du début de la courbure).

Longueur des 21 entre-nœuds { normaux : 31,7
recourbés : 17,29.

Ce caractère, bien connu, est facile à observer sur les jeunes rameaux de différents arbres (Cerisier, Prunier, etc.), dont les feuilles sont la proie des Pucerons.

Les tiges recourbées sont plus épaisses que les normales; voici les dimensions, en millimètres, de coupes pratiquées, d'une part, aux 22e et 18e nœuds d'une même tige normale (A) et au 11e nœud d'une autre tige également normale (B) et, d'autre part, aux nœuds correspondants de deux tiges recourbées (A′ et B′) :

	22e nœud	18e nœud	11e nœud
A	3,4 × 3,6	2,2 × 2,4	—
B	—	—	2 × 2,3
A′	3,4 × 3,8	3,1 × 3,5	—
B′	—	—	2,7 × 3

La tige est pourvue de côtes portant des poils épidermiques assez longs; dans les régions recourbées, les côtes sont moins proéminentes et portent des poils moins nombreux et plus courts. C'est un caractère que nous avons déjà noté sur des tiges d'*Epilobium hirsutum* L., en même temps, d'ailleurs, qu'une réduction dans la longueur de celles-ci, dont les feuilles sont couvertes d'écidies

de *Puccinia epilobii-tetragoni* (DC.) Wint. f. sp. *epilobii hirsuti* Gaümann ([2]), qui agit peut-être aussi par sécrétion d'auxine.

Relativement à la morphologie interne, voici ce que nous avons observé : dans les tiges normales, les faisceaux libéro-ligneux sont nettement séparés les uns des autres, sans ou avec peu de formations secondaires libéro-ligneuses interfasciculaires; dans les tiges recourbées, les faisceaux sont plus étalés, plus larges et plus épais (dans le sens radial) et les rayons médullaires sont envahis par des tissus secondaires bien développés, surtout aux 18ᵉ et 22ᵉ nœuds.

Ainsi se trouve confirmée et étendue à une plante herbacée l'action cambiogène des auxines, démontrée récemment par M. Fr. Nystérakis ([3]) dans de jeunes tiges de Prunier, dont les feuilles étaient la proie d'un Puceron, *Anuraphis helichrysi*.

Le liber des tiges recourbées contient des fibres identiques à celles du péricycle; elles manquent dans celui des tiges normales.

La moelle des tiges recourbées est plus large que celle des tiges normales :

	22ᵉ nœud.	18ᵉ nœud.	11ᵉ nœud.
A	1,6 × 1,8	1,2 × 1,3	–
B	–	–	0,9 × 1,2
A′	1,7 × 1,9	1,6 × 1,9	–
B′	–	–	1,5 × 1,9

L'accroissement en épaisseur des tiges recourbées est dû principalement à l'élargissement de la moelle et aussi au développement des faisceaux dans le sens radial.

Nos observations permettent d'appliquer aux plantes herbacées les faits déjà connus au sujet de l'action, sur les tiges de certains arbres, de l'auxine sécrétée par les Pucerons des feuilles : réduction de la longueur, accroissement en épaisseur, accélération du fonctionnement de l'assise libéro-ligneuse; elles font ressortir, en outre, l'influence de l'auxine sur le nombre et la longueur des poils épidermiques, ainsi que sur le développement de fibres dans le liber.

BOTANIQUE. — *Le sporocarpe des Marsiliacées.*
Note (*) de M. **Louis Emberger.**

Le sporocarpe des Marsiliacées est une formation unique chez les Filicinées. Aucune interprétation satisfaisante n'en a encore été donnée, cet organe paraissant sans liaison avec des structures chez d'autres végétaux; il est resté, pour cette raison, mystérieux.

([2]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1068-1071.
([3]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 831-832; *C. R. Soc. Biologie*, **142**, 1948, p. 1212-1214.

(*) Séance du 21 novembre 1949.

Or, les travaux récents de paléontologie végétale et de morphologie comparée (M. Chadefaud, L. Emberger, R. Florin, O. Hagerup) permettent d'étudier ce sporocarpe sous un jour nouveau et, je crois, de l'expliquer.

On sait que l'ovule est un mégasporange (nucelle) enveloppé d'une ou de deux feuilles (téguments). L'origine du tégument a été vivement discutée; il semble aujourd'hui acquis qu'il représente tantôt un involucre de cauloides (télomes) modifiés (foliarisés) et unis par concrescence au cours de la phylogénèse, comme le montrent les Ptéridospermées (Lyginoptéridacées), tantôt deux lobes d'une feuille bifide enchassant un mégasporange situé au fond de la fourche (*Cordaianthus*), ce dont témoignent les formes tératologiques et la carène médiane des « *graines* » des Cordaites, tantôt une feuille unique enveloppant le mégasporange, comme un cornet [certaines Lycopodinées fossiles ([1]), *Gnetum* (?)].

On sait aussi que le sporocarpe des *Marsilia* représente une foliole ([2]) fertile avec deux rangées de sores épiphylles pliée longitudinalement en deux et concrescente par le bord. Le côté externe correspond à la face inférieure de la feuille. Les sores abrités par le sporocarpe sont ☿, comportant, chacun, un mégasporange monosporé et des microsporanges. Supposons que le nombre de ces sores soit diminué jusqu'à l'unité et, enfin, que ceux-ci soient réduits au point d'être I-sexués, femelles — la phylogénèse nous montre que de tels phénomènes ont été très fréquents — le sporocarpe ainsi réduit serait formé d'un mégasporange monosporé entouré d'une feuille, c'est-à-dire qu'il serait l'homologue exact de l'ovule. L'homologie va plus loin : la paroi du sporocarpe homologue du tégument ovulaire a la même structure tripartite que le tégument des Préphanérogames (Ptéridospermées, Cordaites, Cycadales, Ginkgoales); elle est composée d'une *sarcotesta*, d'une *sclérotesta* et d'une *endotesta*.

Le sporocarpe des Marsiliacées est donc la préfiguration de l'ovule. Il représente le type le plus archaïque de cet organe, le chaînon qui manquait encore pour expliquer l'apparition, qui paraît si soudaine, au paléozoïque, du tégument complexe de l'ovule des Préphanérogames. La série des stades est maintenant complète; elle est concrétisée par les types d'organisation suivants :

Sores d'isosporanges nus (*type* Fougères) → sores d'hétérosporanges nus (*type* de certaines Articulées) → sores d'hétérosporanges enveloppés (*type* Marsiliacées) → sore de mégasporanges enveloppé (*type* hypothétique, mais qui a certainement existé; les ovules anormaux binucellés des Angiospermes

---

([1]) Nous pensons aux *Lepidocarpon* anthracolithiques dont les mégasporanges enveloppés sont rigoureusement homologues d'ovules primitifs, mais authentiques. (*Voir* L. Emberger, *Les plantes fossiles dans leurs rapports avec les végétaux vivants*, 1944).

([2]) Ou peut-être une feuille, car les jeunes feuilles de *Marsilia* sont entières, simples.

en sont un rappel lointain) → sore réduit à un seul mégasporange enveloppé, ou ovule, contenant plusieurs mégaspores libres [type *Schützia* (Ptéridospermées)] → ovule monomégasporé typique des Préphanérogames → ovule des Gymnospermes.

A partir du stade Préphanérogame, la phylogénèse de l'ovule, quant au tégument, s'est traduite par une simplification progressive, en rapport avec la protection de plus en plus grande de cet organe.

Il est remarquable de constater que toutes les lignées issues des Psilophytinées (Lycopodinées, Articulées, Filicinées) ont tenté de réaliser l'ovule : les Lycopodinées l'ont manifesté dans les Lepidodendracées (*Lepidostrobus major*) et les Lepidospermales (*Lepidocarpon*), les Articulées, dans les types à mégasporanges monosporés épiphylles (*Sphenophyllum verticillatum*) dont la feuille-support n'aurait eu qu'à se rabattre sur le sporange pour faire un ovule, les Filicinées, dans les Marsiliacées..., mais seuls les types qui sont devenus Préphanérogames l'ont réussi.

M. **Emile Borel** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie de la seconde édition des *Leçons sur l'intégration et la recherche des fonctions primitives*, de notre regretté confrère Henri Lebesgue. Je n'ai pas besoin d'insister sur l'importance de cet ouvrage fondamental, qui a ouvert des voies nouvelles à l'analyse et à la théorie des fonctions.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Mécanique, en remplacement de M. *Jules Drach*, décédé.

Le nombre des votants étant 58,

M. Maurice Roy	obtient...............	42 suffrages
M. Charles Platrier	»	13 »
M. Jean Leray	»	2 »

Il y a un bulletin nul.

M. **Maurice Roy**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement de la République.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Radioélectricité (oscillations électriques et applications) du Conservatoire National des Arts

et Métiers, pour la première ligne, M. *William Loth* obtient 39 suffrages contre 19 à M. *Pierre David*.

Pour la seconde ligne, M. *Pierre David* obtient 49 suffrages. Il y a 2 bulletins blancs.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne .... M. **William Loth**.

En seconde ligne .... M. **Pierre David**.

CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée de la célébration du centième anniversaire de la **Royal Meteorological Society**, qui aura lieu à Oxford, en mars et avril 1950.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Paul Chauchard. *Le système nerveux sympathique. La régulation nerveuse de l'activité viscérale*.

2° *L'Istituto di Patologia del Libro in Roma*.

3° Institut Français d'Afrique Noire. *Mémorandum* I et II *du Centre Ifan Cameroun*.

4° Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo. *Scientific Results of the norwegian antarctic expeditions* 1927-1928 *et sqq. Instituted and financed by consul Lars Christensen*, edited by Olaf Holtedahl. Volume II.

5° *Istanbul teknik Üniversitesi Bülteni*. Volume I, Number 1.

6° Ministerio de Industria y Comercio de la Nacion. Direccion general de industria manufacturera. *Instituto tecnologico*. Serie A, N° 1 (Buenos-Aires).

ALGÈBRE. — *Le produit complet et la théorie de la ramification : préliminaires*. Note de M. **Marc Krasner**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Soient G un groupe et g un sous-groupe quelconque de G. La représentation de G à l'aide de g, qui fait correspondre à un $\sigma \in$ G la permutation $\xi g \rightarrow \sigma\xi g$ de l'ensemble $M = G|g$ des classes (à droite) suivant g dans G, définit un groupe transitif de permutations de M. En plus, on peut distinguer dans M la classe qui contient l'unité e de G, c'est-à-dire le groupe g. Le groupe ainsi défini de permutations de l'ensemble M avec l'élément marqué $m = g|g$

sera dit le *groupe quotient* [1] de G par g, et sera noté $[G/g]$. $\xi g \rightarrow \sigma\xi g$ sera dite la permutation *induite* par σ dans $[G/g]$.

Étant donné un ensemble M avec un élément marqué m et un groupe transitif Γ de permutations de M, la donnée de Γ et de m permet d'organiser M en un hypergroupe de classes à droite. Il suffit de prendre, comme composé xy des $x, y \in M$, l'ensemble des $\sigma \star y$, où σ parcourt tous les éléments de Γ tels que $\sigma \star m = x$. L'hypergroupe ainsi défini sera dit l'*hypergroupe* de Γ (pour l'élément marqué m). Visiblement, l'hypergroupe de $[G/g]$ (pour l'élément marqué $g|g$) coïncide avec l'hypergroupe quotient droit [2] de G par g, qui sera noté G/g.

2. Soient $\Gamma_1, \Gamma_2, \ldots, \Gamma_s$ des groupes de permutations d'ensembles M_1, $M_2, \ldots, M_s$. Dans une Note commune [3], M. Léo Kaloujnine et l'auteur ont défini la notion de *produit complet* $\mathcal{G} = \Gamma_1 \circ \Gamma_2 \circ \ldots \circ \Gamma_s$ de ces groupes de permutations. Soit $a(x_1, x_2, \ldots, x_{i-1})$ une fonction des $x_j \in M_j$, $1 \leq j < i$, définie sur $M_1 \times M_2 \times \ldots \times M_{i-1}$ et à valeurs dans Γ_i. $A = [a, a(x_1), a(x_1, x_2), \ldots, a(x_1, \ldots, x_{s-1})]$ étant un *tableau* de telles fonctions, on lui fera correspondre la permutation $(x_1, x_2, \ldots, x_s) \rightarrow (a.x_1, a(x_1).x_2, \ldots, a(x_1, \ldots, x_{s-1}).x_s)$ de $M = M_1 \times M_2 \times \ldots \times M_s$. On dira que le tableau A représente cette permutation, et $\mathcal{G}$ est précisément le groupe de toutes les permutations de M représentables par de tels tableaux. Si l'on marque, dans chaque M_i, un élément m_i, il sera sous-entendu que $\mathcal{G} = \Gamma_1 \circ \Gamma_2 \circ \ldots \circ \Gamma_s$ est le groupe précédent de permutations de M, où l'on a marqué $m = (m_1, m_2, \ldots, m_s)$. Soit $\mathcal{G}_i$ le groupe des $\sigma \in \mathcal{G}$ tels que $\sigma.m$ soit de la forme $(m_1, m_2, \ldots, m_i, \star, \ldots, \star)$. Alors, si l'on identifie tout $x_i \in M_i$ avec la classe (contenue dans $\mathcal{G}_{i-1}$) suivant $\mathcal{G}_i$ constituée par les $\sigma \in \mathcal{G}$ tels que $\sigma.m = (m_1, m_2, \ldots, m_{i-1}, x_i, \star, \ldots, \star)$, le groupe quotient $[\mathcal{G}_{i-1}/\mathcal{G}_i]$ s'identifie avec Γ_i, et l'élément marqué $\mathcal{G}_i | \mathcal{G}_i$ de $\mathcal{G}_{i-1} | \mathcal{G}_i$ s'identifie avec celui m_i de M_i.

Soit $G = G_0 \supset G_1 \supset G_2 \supset \ldots \supset G_s$ une chaîne de sous-groupes d'un groupe G (dont l'unité soit e), telle que G_s soit anti-invariant dans G (c'est-à-dire n'ait aucun sous-groupe non-unité invariant dans G), et soient $M_i = G_{i-1} | G_i$, $m_i = G_i | G_i$ et $\Gamma_i = [G_{i-1}/G_i]$. Quel que soit $i = 1, 2, \ldots, s$, choisissons, dans tout élément $x_i = \xi_i G_i (\xi_i \in G_{i-1})$ de M_i, considéré comme un sous ensemble de G, un élément $\rho(x_i) \in x_i$ de G tel que, en plus, $\rho(m_i) = e$. Toute classe X suivant G_s dans G se met, et d'une seule manière, sous la forme

$$X = \rho(x_1)\rho(x_2)\ldots\rho(x_s)G_s(x_i \in M_i).$$

---

(1) On l'appelle souvent l'*espace homogène*.

(2) *Voir* ma *Thèse* (*Mém., in* 4°) *de l'Acad. R. de Belg.*, (Cl. d. Sc.), **11**, 1937, p. 1-110, ou KRASNER, *Mathematica* (Cluj), **13**, 1937, p. 72-191.

(3) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 806-808.

Si $\sigma \in G$, et si $\sigma X = \rho(x'_1)\rho(x'_2)\ldots\rho(x'_s)G_s(x'_i \in M_i)$, l'application

$$\tilde{\sigma} = \{(x_1, x_2, \ldots, x_s) \rightarrow (x'_1, x'_2, \ldots, x'_s)\}$$

de $M = M_1 \times M_2 \times \ldots \times M_s$ dans M en est une permutation. Dans la Note citée ([2]) nous avons énoncé un théorème (dont la démonstration paraîtra ailleurs), qui signifie *que $\sigma \rightarrow \tilde{\sigma}$ est un isomorphisme de* G *sur un sous-groupe transitif* $\tilde{G}$ *du produit complet* $\mathcal{G}$ *des* $\Gamma_i = [G_{i-1}/G_i]$ (avec les $m_i = G_i \mid G_i$ marqués), *et cet isomorphisme est tel que* G_i *s'applique sur* $\tilde{G}_i = \tilde{G} \cap \mathcal{G}_i$ *et tout* $\sigma \in G_{i-1}$ *induit dans* Γ_i *la même permutation que* $\tilde{\sigma} \in \mathcal{G}_{i-1}$ *correspondant.* Nous indiquons aussi comment cet isomorphisme $\sigma \rightarrow \tilde{\sigma}$ varie quand on change les $\rho(x_i)$.

3. Soient K une extension algébrique finie d'un corps k, K^* le corps de Galois de K/k, $\mathcal{G}_{K/k}$ le groupe de Galois de K/k. $\mathcal{G}_{K/k}$ est un groupe de permutations de l'ensemble des isomorphismes de K/k dans K^*, et l'isomorphisme identique 1_K de K sera considéré comme élément marqué de cet ensemble. Si l'on identifie un isomorphisme σ de K/k dans K^* avec l'ensemble des éléments σ^* du groupe de Galois $G_{K^*/k}$ de K^*/k qui l'induisent, $\mathcal{G}_{K/k}$ s'identifie avec le groupe quotient $[G_{K^*/k}/G_{K^*/K}]$ de $G_{K^*/k}$ par $G_{K^*/K}$. Il est bien connu ([1]) que l'ensemble des isomorphismes de K/k dans K^* peut être organisé en un hypergroupe $G_{K/k}$ de classes à droite, dit *hypergroupe de Galois* de K/k, qui, par identification précédente, devient l'hypergroupe quotient droit $G_{K^*/k}/G_{K^*/K}$. Par suite, $G_{K/k}$ n'est autre chose que l'hypergroupe de $\mathcal{G}_{K/k}$ (pour l'élément marqué 1_K).

Dans ma Thèse ([2]) j'ai pu construire, à l'aide des hypergroupes de Galois, une théorie de la ramification qui généralisait, pour le cas non galoisien, celle de Hilbert et, dans une série de Notes ([4]), je l'ai perfectionnée et étendue aux corps valués quelconques. Or, la notion de produit complet et ses propriétés permettent de formuler une telle théorie en termes du groupe de Galois, ce qui donne une théorie un peu plus fine, mais moins utilisable dans quelques cas que celle fondée sur l'hypergroupe de Galois. Dans une deuxième Note, je rappellerai l'ancienne théorie et exposerai la nouvelle.

THÉORIE DES GROUPES. — *Une propriété des suites caractéristiques d'un p-groupe.* Note de M. **Leo Kaloujnine**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit G un p-groupe fini et soit d le nombre d'éléments d'un système minimal de générateurs de G. Le but de cette Note est la démonstration de la propriété suivante :

([4]) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 539-541; **220**, 1945, p. 28-30, 761-763; **221**, 1945, p. 737-739.

Pour tout sous-groupe caractéristique H *de* G *et pour tout sous-groupe maximal* $\overline{H}$ *strictement eontenu dans* H *et caractéristique dans* G, *l'indice* $(H:\overline{H})$ *est borné par un nombre* D *ne dépendant que de d et de p*. Cette propriété équivaut, visiblement, au fait que dans une suite caractéristique de G, l'indice de deux groupes consécutifs est borné par D.

Soit A le groupe d'automorphismes de G. H étant caractéristique, la restriction α' à H d'un $\alpha \in A$ est un automorphisme de H et $\alpha \rightarrow \alpha'$ est un homomorphisme de A sur un sous-groupe A(H) du groupe d'automorphismes de H. $\overline{H}$ étant stable pour A(H), $\alpha' \in A(H)$ est compatible avec l'homomorphisme canonique de H sur $H/\overline{H}$ et induit un automorphisme α'' de $H/\overline{H}$. $\alpha \rightarrow \alpha' \rightarrow \alpha''$ est un homomorphisme de A sur un sous-groupe $A(H/\overline{H})$ d'automorphismes de $H/\overline{H}$. Si $\overline{H}$ est un sous-groupe caractéristique maximal de G contenu dans H, $H/\overline{H}$ est $A(H/\overline{H})$ simple [1]. En effet, si H^* est un sous-groupe de $H/\overline{H}$ stable pour $A(H/\overline{H})$, son image réciproque par l'homomorphisme canonique de H sur $H/\overline{H}$ est caractéristique dans G et coïncide ou bien avec H ou bien avec $\overline{H}$.

On sait que $H/\overline{H}$ est du type $(p, p, \ldots, p)$. Dans la suite, L désignera toujours un groupe du type $(p, p, \ldots, p)$ dont l'élément neutre sera noté o.

Lemme 1. — *Soit* $\mathfrak{P}$ *un p-groupe d'automorphismes d'un groupe* L, *alors* L *contient un élément* $a \neq o$ *stable pour* $\mathfrak{P}$.

Voici une démonstration simple de cette propriété bien connue : Considérons $\mathfrak{P}$ comme un groupe de permutations de l'ensemble L. L se décompose en une réunion de domaines de transitivité de $\mathfrak{P}$. $L = \cup L_i$ et $L_i \cap L_j = \emptyset$ pour $i \neq j$. Le nombre d'éléments d'un L_i est une puissance de p et il en est de même du nombre d'éléments de L. Puisque l'élément o constitue un domaine de transitivité, il existe nécessairement d'autres domaines ne contenant qu'un élément $a \in L_i$.

Lemme 2. — *Soit* Q *un groupe d'automorphismes d'un groupe* L *et supposons que* Q *possède un p-sous-groupe invariant* $\mathfrak{P}$ *d'indice* $(Q:P) = r$. *Si* L *est* Q-*simple, l'ordre de* L *est* $\leq p^r$.

En effet, soit $a \in L$, $a \neq o$, a stable pour $\mathfrak{P}$. σa, $\sigma \in Q$ ne dépend que de la classe de $\sigma \bmod \mathfrak{P}$. L'ordre du sous-groupe M de L engendré par les σa, $\sigma \in Q$ est $\leq p^r$. Or, M est stable pour Q, donc L = M.

On sait [2] que A contient un p-sous-groupe invariant J tel que l'ordre de A/J est un diviseur de $d^* = (p^d - p^{d-1})(p^d - p^{d-2}) \ldots (p^d - 1)$. Tel est par exemple le groupe J d'automorphismes de G qui induisent l'automorphisme

(1) Un groupe F avec un domaine d'opérateurs θ sera dit θ-simple s'il ne contient aucun sous-groupe propre stable pour θ.

(2) P. Hall, *Proc. Lond. Math. Soc.*, II, 36, 1933, p. 29-95.

identique dans le plus grand groupe quotient G/R du type $(p, p, \ldots, p)$. A/J, qu'on appelle parfois *le groupe linéaire* d'automorphismes de G, est isomorphe à un sous-groupe du groupe d'automorphismes de G/R. G/R est d'ordre p^d.

L'image de J par l'homomorphisme $\alpha \rightarrow \alpha''$ de A sur $A(H/\overline{H})$ est un p-groupe $\overline{J}$ et l'indice $[A(H/\overline{H}) : \overline{J}]$ est un diviseur de d^*.

En vertu du lemme 2 on a

$$\text{Ordre } H/\overline{H} \leqq p^{d^*};$$

ce qui démontre la propriété énoncée.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur la théorie des caractères. III. Un exemple de mesure-caractère de classe* (I_∞). Note (*) de M. **Roger Godement**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soit G le groupe des matrices de la forme

$$s = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ s_{21} & 1 & 0 \\ s_{31} & s_{32} & 1 \end{pmatrix},$$

où les s_{ij} sont des nombres réels arbitraires. Ce groupe est unimodulaire, la mesure de Haar étant $ds = ds_{21}\, ds_{31}\, ds_{32}$; le centre de G est le sous-groupe Z des matrices telles que $s_{21} = s_{32} = 0$. On va décomposer la double représentation *régulière* de G en une somme continue de doubles représentations irréductibles, et ceci, comme on va le voir, au moyen d'une transformation de Fourier effectuée sur Z.

Désignons par U_s (resp. V_s) les opérateurs de translations à gauche (resp. à droite) dans L^2 ; on a explicitement

$$U_a^{-1} f(s_{21}, s_{31}, s_{32}) = f(s_{21} + a_{21}, s_{31} + a_{31} + a_{32} s_{21}, s_{32} + a_{32}),$$
$$V_a\, f(s_{21}, s_{31}, s_{32}) = f(s_{21} + a_{21}, s_{31} + a_{31} + a_{21} s_{32}, s_{32} + a_{32}),$$

pour toute fonction f de carré sommable sur G. Désignons alors par χ un caractère quelconque du sous-groupe Z, et posons, pour une fonction $f(s)$ continue et à support compact sur G,

$$f_\chi(s_{21}, s_{32}) = \int_Z f(s_{21}, z, s_{32})\overline{\chi(z)}\, dz;$$

si g est une autre fonction telle que f, il vient, en appliquant le théorème de Plancherel sur Z :

$$\int_G f(s)\overline{g(s)}\, ds = (f, g) = \iiint f_\chi(s_{21}, s_{32})\overline{g_\chi(s_{21}, s_{32})}\, d\chi\, ds_{21}\, d_{32} = \int (f_\chi, g_\chi)\, d\chi$$

(*) Séance du 21 novembre 1949.

où le produit scalaire (f_χ, g_χ) est pris par rapport à la mesure de Haar $ds_{21}\, ds_{32}$ sur le groupe abélien $R^2 = G/Z$. On obtient ainsi une décomposition de L^2 en somme continue d'espaces tous isomorphes à l'espace $\mathcal{H}$ des fonctions de carré sommable sur R^2; il est immédiat de constater que les opérateurs U_s et V_s se décomposent suivant des opérateurs $U_{\chi;s}$ et $V_{\chi;s}$ donnés explicitement par

$$U_{\chi;a}^{-1} h(s_{21}, s_{32}) = \chi(a_{31} + a_{32}s_{21})\, h(s_{21} + a_{21}, s_{32} + a_{32}),$$
$$V_{\chi;a} h(s_{21}, s_{32}) = \chi(a_{31} + a_{21}s_{32})\, h(s_{21} + a_{21}, s_{32} + a_{32}) \quad (h \in \mathcal{H}).$$

Si le caractère χ n'est pas constant, on voit facilement que le système formé par les $U_{\chi;a}$ et les $V_{\chi;b}$ est *irréductible*; comme d'autre part un calcul simple montre que, pour f, g continues et à support compact sur G, on a

$$(f_\chi, g_\chi) = \int_Z f \star \tilde{g}(z)\, \chi(z)\, dz,$$

on voit que la double représentation unitaire de G définie par la mesure (centrale et de type positif sur G) $\chi(z)\, dz$ est, pour χ non constant, irréductible : cette d. r. u. s'effectue dans $\mathcal{H}$ au moyen des opérateurs $U_{\chi;s}$ et $V_{\chi;s}$. Par conséquent, pour χ non constant, la mesure $\chi(z)\, dz$ est un *caractère de* G, qui, ayant pour support un ensemble de mesure nulle pour la mesure de Haar de G, ne peut pas se mettre sous la forme $\chi(s)\, ds$. La formule

$$(f, g) = \int_G f \star \tilde{g}(s)\, d\varepsilon(s) = \int_{\chi \neq 1} d\chi \int_Z f \star \tilde{g}(z) \chi(z)\, dz$$

constitue donc une décomposition de la *trace* ε (masse $+1$ en e) en une somme continue de caractères de G.

2. Il est facile de voir que ces caractères sont de classe (I_∞). En effet, on peut décomposer le système des $U_{\chi;s}$ en effectuant une transformation de Fourier par rapport à la variable s_{32}; on est alors conduit à introduire l'espace $\mathcal{L}$ des fonctions $l(s_{21})$ de carré sommable pour la mesure ds_{21} sur la droite, et dans cet espace, les représentations unitaires

$$T_{\chi;a}^{-1} l(s_{21}) = \chi(a_{31} + a_{32}s_{21})\, l(s_{21} + a_{21}),$$

lesquelles sont visiblement irréductibles pour χ non constant; pour une fonction f continue et à support compact sur G, introduisons l'opérateur

$$T_{\chi;f} = \int_G T_{\chi;s}^{-1} f(s)\, ds;$$

on trouve alors que les $T_{\chi;f}$ *sont du type d'Hilbert-Schmidt*; si, de plus, le caractère $\chi(z)$ est donné par $\chi(z) = \exp(2\pi i \zeta z)$, on obtient sans difficulté la formule

$$\int_Z f \star \tilde{g}(z)\, \chi(z)\, dz = |\zeta|\, \mathrm{Tr}(T_{\chi;f} T_{\chi;g}^{\star}),$$

ce qui prouve bien que les caractères $\chi(z)\,dz$ sont de classe (I_∞). On a de plus la formule suivante, qui constitue l'analogue du théorème de Plancherel pour le groupe G :

$$\int_G f(s)\overline{g(s)}\,ds = \int_{\zeta\neq 0} \mathrm{Tr}(T_{\chi;f}T^*_{\chi;g})\,|\zeta|\,d\zeta.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le problème du type des surfaces de Riemann.* Note (*) de M. **Leo Sario**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. Soit F une surface de Riemann arbitraire. Considérons une exhaustion $F_0 \subset F_1 \subset F_2 \subset \ldots$ de F telle que F_n soit limité par un nombre fini de courbes analytiques simples fermées sans points communs avec la frontière de F_{n+1}. La différence $F_{n+1} - F_n$ se compose d'un nombre fini de morceaux de surface E_{ni} disjoints. Par γ_{ni} (resp. γ'_{ni}) nous entendons la partie de la frontière de E_{ni} qui appartient à la frontière de F_n (resp. F_{n+1}).

Soit x la fonction harmonique dans E_{ni} qui s'annule sur γ_{ni} et qui prend sur γ'_{ni} une valeur constante $\log\mu_{ni}$ telle que la fonction conjuguée y de x possède la variation totale 2π autour de γ_{ni}. La fonction $w = e^{x+iy}$ représente le morceau de surface E_{ni}, convenablement coupé, sur une couronne avec coupures radiales et de rayons 1 et $\mu_{ni}(>1)$. On appelle μ_{ni} le module de E_n et l'on pose $\mu_n = \min_i \mu_{ni}$.

Désignons par AD la classe des fonctions analytiques uniformes non constantes sur F à intégrale de Dirichlet finie. On dit qu'une surface sur laquelle il n'existe aucune fonction AD possède une frontière *enlevable* AD (hebbar AD). Nous avons démontré dans notre Thèse (¹) le critère suivant :

Si le produit des modules minima diverge,

$$\prod_0^\infty \mu_n = \infty,$$

la surface possède une frontière enlevable AD.

Appliqué aux surfaces simplement connexes, ce théorème se met sous la forme d'un critère de type :

Une condition nécessaire et suffisante pour qu'une surface simplement connexe soit du type parabolique est l'existence d'une exhaustion telle que le produit des modules diverge.

La nécessité de la condition résulte d'une exhaustion du plan pointé à l'infini par des cercles concentriques.

Il se pose maintenant la question : la condition obtenue est-elle nécessaire aussi dans le sens que *chaque* exhaustion d'une surface parabolique donne un

(*) Séance du 21 novembre 1949.

(¹) *Ann. Acad. Sci. Fenn.*, sér. A I, n° 50, 1948, p. 1-79.

produit divergent des modules? Nous allons montrer qu'il n'en est pas ainsi.

2. Dans ce but nous donnons d'abord deux lemmes simples qui peuvent aussi avoir de l'intérêt en eux-mêmes.

Soit G un domaine plan doublement connexe, limité extérieurement et intérieurement par les continus γ et γ'. Soit d la borne supérieure des distances des points de G à la frontière de ce domaine. Appelons s la borne inférieure des longueurs des courbes rectifiables intérieures à G et séparant γ et γ' l'une de l'autre.

Lemme 1. — *Le module μ d'un domaine annulaire satisfait à l'inégalité*

$$\frac{\mu - 1}{\mu + 1} < 8\pi \frac{d}{s}.$$

Démonstration. — Soit G′ la couronne conformément équivalente au domaine G et possédant les rayons 1 et μ. Dans G′ soit C′ le cercle concentrique de rayon $\frac{1}{2}(\mu + 1)$ et soit C l'image de C′ dans G. On choisit sur C′ un point arbitraire P et l'on trace le cercle K de centre P et de rayon $\frac{1}{2}(\mu - 1)$. La fonction analytique représentant G′ sur G étant $w(z)$, on a en vertu du théorème de déformation de Kœbe $d \geqq \frac{1}{4}\frac{1}{2}(\mu - 1)\,|dw/dz|_{\mathrm{P}}$. La longueur de C′ étant $\pi(\mu + 1)$ et celle de C plus grande que s, il en résulte la proposition $s < (8\,d/\mu - 1)\cdot\pi(\mu + 1)$.

Lemme 2. — *Un anneau se laisse toujours diviser en deux anneaux partiels ayant, pour un $\varepsilon > 0$ arbitrairement petit, des modules $< 1 + \varepsilon$.*

Démontration. — On représente l'anneau donné sur une couronne G de rayons 1 et μ. Soit δ un nombre positif $[< \frac{1}{2}(\mu - 1)]$ et soit p un nombre pair tel que $2\pi\mu/p \leqq \delta$. Désignons par φ et ρ les coordonnées polaires et traçons dans G les segments radiaux $\varphi = \nu\cdot 2\pi/p\ (\nu = 1, \ldots, p)$, $1 + \delta \leqq \rho \leqq \mu - \delta$. Joignons les extrémités de ces segments par des arcs des cercles de rayons $1 + \delta$ et $\mu - \delta$ alternativement de façon à obtenir une courbe simple fermée divisant G en deux parties $G_i\ (i = 1, 2)$. Pour tous les deux on a $d_i < \delta$ et $s_i \geqq 2\pi$. Par conséquent, d'après le lemme 1, les modules $\mu_i \to 1$, quand on choisit $\delta \to 0$.

3. Nous sommes maintenant en état de construire l'exhaustion désirée :

Théorème. — *Soit $F_{2n}\ (n = 0, 1, \ldots)$ une exhaustion quelconque d'une surface F simplement connexe. Il existe toujours une suite $F_{2n+1}\ (F_{2n} \subset F_{2n+1} \subset F_{2n+2})$ telle que l'exhaustion $F_i\ (i = 0, 1, \ldots)$ donne un produit convergent des modules.*

En effet, $k_i\ (i = 0, 1, \ldots)$ étant une suite arbitraire de nombres > 1 à produit convergent, on peut, d'après le lemme 2, obtenir pour l'anneau $F_{i+1} - F_i$ un module $\mu_i < k_i$. Donc $\Pi\mu_i < \infty$. C. Q. F. D.

On sait que les critères de MM. Nevanlinna [2] et Ahlfors [3] pour le type

---

[2] *Ann. Acad. Sc. Fenn.*, sér. A, t. LIV, n° 3, 1940, p. 1-18.

[3] *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 30.

parabolique sont également suffisants, mais non nécessaires. La cause en est la même que ci-dessus : la frontière des domaines d'approximation peut se compliquer et s'allonger de telle manière que le caractère « ponctuel » de la frontière de la surface parabolique ne sera pas mis à profit. Il semble que c'est généralement pour cela qu'on n'a pas réussi à construire un critère nécessaire et suffisant.

Le problème du type étant un cas particulier du problème de « Hebbarkeit », le résultat obtenu ci-dessus fournit encore une réponse à la question que nous avons antérieurement (*loc. cit.* p. 76, probl. 1 *b*) posée : le fait que la frontière d'une surface F soit enlevable AD entraîne-t-il nécessairement que, pour toute suite de morceaux E_{ni} de surface tendant vers une composante de la frontière de F, le produit des modules diverge ? Nous venons de voir que la réponse est négative.

ESPACES ABSTRAITS. — *Caractérisation de l'espace de Banach de toutes les suites de nombres réels tendant vers zéro.* Note de M. **José Abdelhay**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soit (c_0) l'espace de Banach de toutes les suites de nombres réels tendant vers zéro. Soit $w_i = \delta_{ni}(n = 1, 2, \ldots; i = 1, 2, \ldots)$, où $\delta_{ni} = 1$ pour $n = i$, $\delta_{ni} = 0$ pour $n \neq i$. La suite $\{w_i\}$ est une base pour (c_0) (¹), satisfaisant aux conditions :

(B_1) $\|w_i\| = 1$ pour $i = 1, 2, \ldots$;

(B_2) il existe une constante K telle que $\|w_1 + \ldots + w_p\| < K$ pour $p = 1, 2, \ldots$ (la constante K est indépendante de p).

Soient $f_i(x)$ $(i = 1, 2, \ldots)$, les coordonnées de l'élément $x \in (c_0)$, c'est-à-dire, soit $\{f_i(x)\}$ la suite de fonctionnelles linéaires telle que $x = \sum_{i=1}^{\infty} f_i(x) w_i$.

La suite $\{f_i(x)\}$ satisfait aux conditions :

(J_1) $|f_i(x)| \geqq |f_i(y)|$ $[i = 1, 2, \ldots; x, y \in (c_0)]$, entraîne $\|x\| \geqq \|y\|$;

(J_2) pour tout $y \in (c_0)$ il existe un $x \in (c_0)$ tel que

$$f_i(x) \geqq [f_i(y)]^{+} = \max[0, f_i(y)] \quad (i = 1, 2, \ldots) \quad (^2).$$

Nous avons démontré que l'existence pour un espace de Banach d'une base satisfaisant aux conditions (B_1), (B_2) et dont les coordonnées satisfont aux conditions (J_1), (J_2) est caractéristique de l'espace (c_0), c'est-à-dire, que *tout espace de Banach avec une base satisfaisant aux conditions* (B_1), (B_2) *et dont les*

(¹) S. Banach, *Théorie des opérations linaires*, Warsaw, 1932, p. 110-112.

(²) Les conditions (J_1) et (J_2) sont aussi vérifiées pour d'autres espaces de Banach, par exemple, pour les espaces (l^p).

coordonnées satisfont à (J_1) *et* (J_2) *peut être muni d'une norme équivalente par rapport à laquelle il est équivalent* ([3]) *à l'espace* (c_0).

2. Soit E un espace de Banach muni d'une base $\{w_i\}$ et soient $f_i(x)$ les coordonnées de x. On voit aisément qu'il est possible de définir dans E une relation d'ordre $x \geqq 0$ ([4]), en posant $x \geqq 0$ si et seulement si $f_i(x) \geqq 0$ pour $i = 1, 2, \ldots$.

Nous avons démontré que :

a. si la suite $\{f_i(x)\}$ satisfait aux conditions (J_1) et (J_2), alors E est un réseau de Banach [« Banach lattice » en anglais ([5])] par rapport à l'ordre $x \geqq 0$, défini ci-dessus;

b. si la suite $\{f_i(x)\}$ satisfait aux conditions (J_1), (J_2) et la base $\{w_i\}$ aux conditions (B_1) et (B_2), alors $\limsup_{i \to \infty} \|f_i\| < \infty$ et

$$\|x\|^* = \text{borne sup}_{1 \leq i < \infty} |f_i(x)|$$

est une norme pour E, qui est équivalente à la norme $\|x\|$;

c. l'espace E muni de la norme $\|x\|^*$ est équivalent à l'espace (c_0).

THÉORIE DE LA MESURE. — *Sur l'unicité de la mesure de Haar.* Note de M. **Henry M. Schaerf**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Le but de la présente Note est d'indiquer les principes généraux de la démonstration d'un théorème qui comprend comme cas spécial l'unicité de la mesure de Haar sans les restrictions trouvées dans les autres démonstrations. Nous ferons usage d'un résultat d'une récente Note ([1]), retenant aussi la même terminologie.

Soit G un groupe topologique qui est localement compact. Pour chaque famille X de sous-ensembles de G, nous désignerons par $\overline{X}$ la plus petite tribu de sous-ensembles de G contenant X. Une tribu T de sous-ensembles de G sera appelée *topologique* si T contient un système de voisinages ouverts de chaque point de G.

Théorème. — *Soit* C *la famille de tous les sous-ensembles fermés compacts de* G. *Soit* T *une tribu topologique contenue en* $\overline{C}$. *Alors une mesure* m *définie sur* T, *invariante à gauche et finie sur au moins un ensemble ouvert, est unique à un facteur constant près.*

Si $T = \overline{C}$, m est appelée une *mesure de Haar*. L'existence d'une mesure de

([3]) S. Banach, *loc. cit.*, p. 180.

([4]) G. Birkhoff, *Lattice Theory*, New York, 1940, p. 105.

([5]) G. Birkhoff, *loc. cit.*, p. 116.

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1053.

Haar qui est une mesure de Radon étant connue, le théorème entraîne que chaque mesure de Haar est une mesure de Radon. Donc les théories sur la mesure de Haar, exposées dans le livre de M. A. Weil : *L'intégration dans les groupes topologiques et ses applications* (Paris, Hermann, 1938), sous l'hypothèse que cette mesure est une mesure de Radon, sont parfaitement générales.

La démonstration se fait comme suit.

1. Soit D la famille de tous les sous-ensembles de G qui sont à la fois fermés compacts et G_δ. On montre que $\overline{D}$ est la plus petite tribu topologique sur G. Donc $\overline{D}$ est contenue en T et m est définie sur $\overline{D}$.

2. On déduit de 1 que $\overline{D}$ est une tribu normale. Selon le théorème 2 de la Note citée (1), il s'ensuit que chaque mesure définie sur $\overline{D}$ est invariante à gauche et proportionnelle à m.

3. Pour compléter la démonstration il suffit d'établir que, quel que soit l'ensemble ouvert compact O, la tribu $\overline{D}^m$, obtenue en complétant $\overline{D}$ par rapport à m, contienne O. On peut déduire cela du résultat suivant de MM. S. Kakutani et K. Kodaira (2) : Soit $G^\star$ un groupe localement compact, qui est une réunion dénombrable des ensembles fermés compacts. Soit S la plus petite tribu topologique sur $G^\star$ et soit m une mesure définie sur S, invariante à gauche et finie sur au moins un ensemble ouvert. Alors la tribu S^m, obtenue en complétant S par rapport à m, contient tous les ensembles de Borel de $G^\star$.

En effet, si $A \in D$ est un voisinage de l'unité de G tel que $A = A^{-1}$ et si $G^\star$ est le sous-groupe de G engendré par A et ayant la topologie induite par G, alors on vérifie aisément que $G^\star$ satisfait aux conditions du théorème de Kakutani-Kodaira. De même, si $C^\star$ et $D^\star$ sont les familles de sous-ensembles de $G^\star$ définies par rapport à $G^\star$, définitions analogues à celles des familles C et D par rapport à G, on vérifie que $\overline{C}^\star$ est la famille de tous les ensembles de Borel de $G^\star$ et que l'on a

$$(1) \qquad D^\star = D \cap G^\star \subset D, \qquad S = \overline{D}^\star.$$

Donc la mesure m est définie sur la tribu S et le théorème de Kakutani-Kodaira donne, en vue de (1),

$$(2) \qquad \overline{C}^\star \subset \overline{D}^m.$$

Soient g_i des éléments de G en nombre fini tels que l'on ait $O \subset \cup g_i \mathring{A}$, où $\mathring{A}$ est l'intérieur de A. Alors la représentation $O = \cup g_i U_i$, où les ensembles $U_i = \mathring{A} \cap g_i^{-1} O$ sont ouverts par rapport à $G^\star$ (donc contenus en $\overline{C}^\star$), entraîne, en vue de (2) et de l'invariance de la tribu $\overline{D}^m$, que cette tribu contient O.

---

(2) *Proc. Imp. Acad. Tokyo*, **20**, 1944, p. 444-450.

GÉOMÉTRIE. — *Sur un mode de représentation des surfaces.*
Note (*) de M. **Paul Vincensini**, présentée par M. Élie Cartan.

1. S étant une surface donnée quelconque, associons-lui une surface arbitraire Σ de l'espace, et envisageons la correspondance ponctuelle (Γ) faisant correspondre, à chaque point M de S, l'un des points P (suivi par continuité), où la normale en M à S coupe Σ. La correspondance (Γ) jouit d'un certain nombre de propriétés intéressantes; j'en indique ici quelques-unes liées à la considération du réseau (R) formé par les courbes de S correspondant avec orthogonalité des éléments linéaires aux courbes homologues de Σ.

2. Une première propriété de (Γ) est relative au rôle qu'y jouent les lignes de courbure de S : le réseau des lignes de courbure (C) de S est le réseau *bissecteur* du réseau (R) de la même surface défini au numéro 1 [(R) et (C) se divisent harmoniquement].

A toute surface (ou toute portion de surface) Σ de l'espace, en correspondance (Γ) avec S, correspond sur S un réseau (R) bien déterminé, que l'on peut regarder comme l'image de Σ sur S. On peut donc localiser les différentes surfaces Σ de l'espace au moyen des différents réseaux (R) *harmoniques au réseau de courbure d'une surface fixe* S *prise comme repère*. La surface Σ ayant pour image un réseau (R) déterminé de S est celle qui est décrite par le *centre de courbure normale* commun des deux courbes du réseau en un point quelconque M de S, et il existe, entre les positions des points P de Σ sur les normales à S et les angles 2ω sous lesquels se coupent en M les courbes du réseau image (R), la relation

$$(F_1, F_2, P, M) = -\operatorname{tg}^2\omega, \qquad (1)$$

où le premier membre est un birapport, et où F_1, F_2 sont les centres de courbure principaux de S en M.

3. Toute propriété résultant de la position d'une surface quelconque Σ par rapport à S se traduit par une propriété du réseau image (R) et inversement. Ainsi, il résulte immédiatement de la relation (1), que les réseaux (R) *isogonaux* de S correspondent aux surfaces Σ décrites par un point P formant avec les trois points F_1, F_2, M associés *un quadruple de birapport constant.* De même, la *développée harmonique* de S, lieu du point P conjugué harmonique du point M de S par rapport aux centres de courbure principaux F_1, F_2 correspondants, qui s'obtient en posant $(F_1, F_2, P, M) = -1$, est la surface dont le réseau image (R) est *orthogonal* (réseau bissecteur du réseau de courbure de S).

La *développée moyenne* de S, lieu du milieu du segment principal F_1F_2, est caractérisée par le fait que son réseau image est le réseau (R) *conjugué au sens de Dupin* de S.

(*) Séance du 21 novembre 1949.

Les couples de réseaux (R) de S formant avec le réseau de courbure un *triple harmonique* (dont deux quelconques des réseaux sont partagés harmoniquement par le troisième) sont les images des *couples de surface Σ partageant harmoniquement les segments principaux de* S.

D'autres propriétés peuvent être rattachées à la représentation d'une surface par un réseau dont il vient d'être question; elles feront l'objet d'un travail ultérieur.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur l'emploi d'un repère canonique dans l'étude des réseaux conjugués.* Note (*) de M. **Victor Lalan**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Un réseau conjugué étant tracé sur une surface, nous lui attachons un repère $Me_1e_2e_3$; e_1 et e_2 sont tangents aux courbes du réseau, e_3 normal à la surface et unitaire. Si dM est noté $\omega^1 e_1 + \omega^2 e_2$, un choix convenable des longueurs de e_1 et e_2 ramène la seconde forme à

$$\Phi = \varepsilon(\omega^1)^2 + (\omega^2)^2,$$

où $\varepsilon = \pm 1$, du signe de la courbure totale K. C'est ce repère que nous appelons *le repère canonique associé au réseau conjugué.*

Supposons $K > 0$; les formules fondamentales sont

$$ds^2 = g_{ik}\omega^i\omega^k, \qquad \Phi = (\omega^1)^2 + (\omega^2)^2.$$

En posant

$$de_i = \omega_i^k e_k + \omega_i^3 e_3, \qquad \text{avec} \quad \omega_i^k = \gamma_i{}^k{}_j\omega^j \quad (i, j, k = 1, 2)$$

les équations de Codazzi se réduisent à

$$(1) \qquad 2\gamma_1{}^1{}_2 = \gamma_1{}^2{}_1 + \gamma_2{}^1{}_1, \qquad 2\gamma_2{}^2{}_1 = \gamma_2{}^1{}_2 + \gamma_1{}^2{}_2$$

et se laissent combiner en une seule équation de Pfaff

$$(2) \qquad 2r\omega^1 - 2s\omega^2 = \omega_1^2 - \omega_2^1,$$

où r et s vérifient, comme à l'ordinaire,

$$d\omega^1 = r[\omega^1\omega^2], \qquad d\omega^2 = s[\omega^2\omega^1].$$

L'équation de Gauss s'écrit simplement

$$(3) \qquad Kg = 1$$

mais en différentiant extérieurement (2), on peut traduire aussi le théorème

(*) Séance du 21 novembre 1949.

de Gauss par la formule, déjà signalée par M. É. Cartan (1),

$$-2Q[\omega^1\omega^2] = [(\omega_1{}^1 + \omega_2{}^2)(\omega_1{}^2 - \omega_2{}^1)] - 2H[\omega^1\omega^2], \tag{4}$$

où H désigne la courbure moyenne de la surface, et Q la courbure de la forme Φ.

2. Si l'on se donne seulement un ds^2 et un réseau de courbes apte à former un réseau conjugué sur une surface réalisant ce ds^2, on peut, en général, déterminer le repère canonique associé à ce réseau *par des calculs finis*.

Exceptionnellement, on trouve *deux* repères canoniques possibles : il existe alors deux surfaces, S et $\bar{S}$, réalisant le ds^2 donné et admettant le réseau donné comme réseau conjugué. Entre ω^1, ω^2, correspondant à S, et $\bar{\omega}^1$, $\bar{\omega}^2$, correspondant à $\bar{S}$, subsistent les relations

$$\bar{\omega}^1 = t\,\omega^1, \qquad \bar{\omega}^2 = \frac{1}{t}\,\omega^2, \tag{5}$$

où t est donné par

$$t = \sqrt[4]{-\frac{B}{A}}, \tag{6}$$

avec

$$A = d(\gamma_2{}^1{}_2\,\omega^1) - 2\gamma_1{}^2{}_1\gamma_2{}^1{}_2[\omega^1\omega^2], \qquad B = d(\gamma_1{}^2{}_1\,\omega^2) + 2\gamma_1{}^2{}_1\gamma_2{}^1{}_2[\omega^1\omega^2]. \tag{7}$$

Enfin il peut arriver que le réseau donné admette une infinité de repères canoniques virtuels; c'est le cas où

$$A = 0, \qquad B = 0. \tag{8}$$

On montre qu'alors, u et v étant deux intégrales premières respectivement de $\omega^1 = 0$ et $\omega^2 = 0$, on a

$$\gamma_2{}^1{}_2\,\omega^1 = \frac{du}{2(u+v)}, \qquad \gamma_1{}^2{}_2\,\omega^2 = \frac{dv}{2(u+v)}, \tag{9}$$

et, avec une constante arbitraire h,

$$t = \sqrt[4]{\frac{h+v}{h-u}}. \tag{10}$$

Il existe, dans ce cas, une infinité de surfaces isométriques admettant le réseau donné comme réseau conjugué; ce dernier est donc un *réseau conjugué persistant*.

La méthode précédente conduit aisément à la formation de l'équation aux dérivées partielles du quatrième ordre (2) dont dépend la détermination des réseaux sphériques images de réseaux conjugués persistants.

---

(1) *Bull. des Sc. Math.*, 67, 1943, p. 1-26.

(2) Voir ma Note récente aux *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1842.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur l'équation fondamentale de la théorie des réseaux conjugués persistants.* Note de M[lle] **Simone Lemoine**, présentée par M. Elie Cartan.

1. Par un choix convenable des paramètres u et v, l'élément linéaire d'une surface S déformable avec persistance d'un réseau conjugué ne contenant pas de lignes géodésiques peut être écrit

$$ds^2 = \xi^2 \frac{Q_v}{R} du^2 + 2\xi\eta(u+v)\frac{Q_{uv}}{R} du\, dv + \eta^2 \frac{Q_u}{R} dv^2, \tag{1}$$

en posant

$$R = \frac{\partial Q}{\partial u}\frac{\partial Q}{\partial v} - (u+v)^2\left(\frac{\partial^2 Q}{\partial u\, \partial v}\right)^2.$$

Pour une valeur donnée de Q, ξ et η sont solutions d'un système de deux équations aux dérivées partielles du premier ordre, linéaires. Quant à la fonction $Q(u, v)$, elle vérifie une équation aux dérivées partielles du quatrième ordre prévue par Finikoff à partir de la représentation sphérique de S et obtenue récemment par M. Lalan ([1]). Nous nous proposons de former directement cette équation en écrivant que S satisfait à l'équation de Liouville.

L'élément linéaire d'une surface étant mis sous la forme

$$ds^2 = A^2 du^2 + 2AC\cos\Omega\, du\, dv + C^2 dv^2,$$

l'équation de Liouville s'écrit

$$KAC\sin\Omega = \frac{\partial^2 \Omega}{\partial u\, \partial v} + \frac{\partial}{\partial u}\left(\begin{Bmatrix} 2 & 2 \\ & 1 \end{Bmatrix}\frac{A}{C}\sin\Omega\right) + \frac{\partial}{\partial v}\left(\begin{Bmatrix} 1 & 1 \\ & 2 \end{Bmatrix}\frac{C}{A}\sin\Omega\right). \tag{2}$$

D'après (1), on peut prendre

$$A = \xi\sqrt{\frac{Q_v}{R}}, \qquad C = \eta\sqrt{\frac{Q_u}{R}}, \qquad \sin\Omega = \sqrt{\frac{R}{Q_u Q_v}}.$$

De ces formules, on déduit d'abord

$$KAC\sin\Omega = \frac{\sqrt{R}}{2(u+v)}, \qquad \begin{Bmatrix} 1 & 1 \\ & 2 \end{Bmatrix}\frac{C}{A}\sin\Omega = \frac{\sqrt{R}}{2(u+v)Q_v},$$
$$\begin{Bmatrix} 2 & 2 \\ & 1 \end{Bmatrix}\frac{A}{C}\sin\Omega = \frac{\sqrt{R}}{2(u+v)Q_u}.$$

et ensuite

$$\frac{1}{2}\frac{\partial \Omega}{\partial u} + \begin{Bmatrix} 1 & 1 \\ & 2 \end{Bmatrix}\frac{C}{A}\sin\Omega = \frac{\sqrt{R}}{4(u+v)Q_v}\frac{\partial}{\partial u}\log\frac{RQ_v}{Q_u},$$
$$\frac{1}{2}\frac{\partial \Omega}{\partial v} + \begin{Bmatrix} 2 & 2 \\ & 1 \end{Bmatrix}\frac{A}{C}\sin\Omega = \frac{\sqrt{R}}{4(u+v)Q_u}\frac{\partial}{\partial v}\log\frac{RQ_u}{Q_v}.$$

([1]) S. Finikoff, *Mémorial des Sc. math.*, fasc. XCVI, 1939, p. 22; V. Lalan, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1842-1844.

En portant ces valeurs dans (2), on arrive à la relation

$$\frac{\partial^2}{\partial u\,\partial v}\log R = \frac{1}{2(u+v)^2}\left[1 - \frac{R^2}{Q_{uv}^2}\left(\frac{Q_u}{R}\right)_u\left(\frac{Q_v}{R}\right)_v\right] + \frac{\partial^2 Q}{\partial u\,\partial v}$$

qui est l'équation aux dérivées partielles du quatrième ordre déterminant $Q(u, v)$.

2. La fonction $R(u, v)$ possède une signification géométrique simple. Pour l'obtenir, considérons la surface $S^\star$ qui, rapportée à ses asymptotiques, admet la même représentation sphérique que S.

Désignons par $\left\{ {i\ k \atop j} \right\}$, $\left\{ {i\ k \atop j} \right\}^\star$ et $\overline{\left\{ {i\ k \atop j} \right\}}$ les symboles de Christoffel relatifs à S, à $S^\star$ et à leur représentation sphérique. φ_{ij} et $\varphi_{ij}^\star$ étant les tenseurs asymptotiques de S et $S^\star$, les relations de Weingarten

$$\varphi_{jr}\overline{\left\{ {i\ k \atop j} \right\}} + \varphi_{ij}\left\{ {r\ k \atop j} \right\} = \varphi_{irk}, \qquad \varphi_{jr}^\star\overline{\left\{ {i\ k \atop j} \right\}} + \varphi_{ij}^\star\left\{ {r\ k \atop j} \right\}^\star = \varphi_{irk}^\star,$$

dans lesquelles les φ_{irk} désignent les dérivées ordinaires des φ_{ir}, montrent que

$$\left\{ {1\ 2 \atop 1} \right\}^\star = \frac{1}{2(u+v)} = \left\{ {1\ 2 \atop 2} \right\}^\star.$$

Par suite, l'élément linéaire de $S^\star$ s'écrit à l'aide des dérivées d'une seule fonction qui n'est autre que $Q(u, v)$; sa courbure totale est

$$K = \frac{-1}{(u+v)^2}.$$

Les formes quadratiques de $S^\star$ sont

$$ds^{\star 2} = \frac{u+v}{2}\frac{\partial Q}{\partial u}du^2 + (u+v)^2\frac{\partial^2 Q}{\partial u\,\partial v}du\,dv + \frac{u+v}{2}\frac{\partial Q}{\partial v}dv^2,$$
$$\varphi = \sqrt{R}\,du\,dv.$$

La dernière équation écrite met en évidence la signification géométrique de la fonction $R(u, v)$.

ÉLASTICITÉ. — *Sur la chute d'une barre.*
Note de M. **Henri Pailloux**, présentée par M. Jean Chazy.

La mesure de l'accélération due à la pesanteur peut se faire expérimentalement en observant la chute d'une règle graduée ([1]). Pour évaluer certaines causes d'erreurs possibles, nous avons étudié le problème suivant. Une barre métallique verticale repose par son extrémité inférieure sur un support. La

([1]) Ch. Volet, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 373-375.

pesanteur produit en chaque point de la barre une compression $u = \rho g x^2/2E$ à la distance x de l'extrémité supérieure, ρ désignant la masse de l'unité de volume de la barre, g l'accélération de la pesanteur, et E le module d'élasticité de la barre. A l'instant initial, le support s'efface brusquement et la barre tombe en chute libre. L'extrémité libérée se détend et la barre vibre longitudinalement.

Pour étudier ce problème, une difficulté se présente : la contrainte à l'extrémité inférieure, proportionnelle à la dérivée u'_x, est discontinue. Elle passe d'une valeur finie, le poids de la barre à l'instant initial, à zéro dans la suite du mouvement. La méthode usuelle qui utilise les fonctions propres ne convient pas. On peut tourner la difficulté en recherchant une fonction $U(x, t)$ admettant une dérivée par rapport au temps U'_t égale à u. Pour achever de déterminer U, à une fonction $Ax + Bt + C$ additive près, A, B, C désignant trois constantes, nous supposerons que U satisfait comme u, à l'équation des ondes

$$U''_{t^2} = a^2 U''_{x^2}, \qquad a^2 = \frac{E}{\rho}.$$

On peut choisir les conditions aux limites et les conditions initiales pour la fonction U de sorte que l'on ait

$$\text{pour } x = 0, \qquad U'_x(0, t) = 0, \qquad \text{si } t \geqq 0;$$

$$\text{pour } x = l, \qquad U'_x(l, t) = \text{const.}, \qquad \text{si } t > 0;$$

$$\text{pour } t = 0, \qquad U'_t = -\frac{\rho g x^2}{2E}, \qquad U''_{t^2} = 0, \qquad \text{si } 0 \leqq x \leqq l.$$

Appliquant alors la méthode classique, on trouve des solutions particulières, où A, B, ω sont des constantes, de la forme

$$U = (A\cos\omega t + B\sin\omega t)\cos\frac{\omega x}{a},$$

satisfaisant aux conditions aux limites, pourvu que l'on ait

$$\sin\frac{\omega l}{a} = 0, \qquad \text{c'est-à-dire} \quad \omega = \frac{n\pi a}{l},$$

n étant un entier quelconque.

On en déduit la solution plus générale

$$U = C + Ax + Bt + \Sigma\left(A_n\cos n\pi\frac{at}{l} + B_n\sin n\pi\frac{at}{l}\right)\cos n\pi\frac{x}{l} \qquad (n = 1, 2, \ldots).$$

Les coefficients A_n, B_n se déterminent à l'aide des conditions initiales

$$U'_t(x, 0) = B + \frac{\pi a}{l}\Sigma n B_n \cos n\pi\frac{x}{l} = -\frac{\rho g x^2}{2E},$$

$$U''_{t^2}(x, 0) = -\frac{\pi^2 a^2}{l^2}\Sigma n^2 A_n \cos n\pi\frac{x}{l} = 0.$$

Les A_n sont tous nuls, et les B_n peuvent s'obtenir à la manière habituelle de Fourier.

On peut éviter ce calcul, en remarquant que de l'expression

$$U = C + Ax + Bt + \Sigma Bn \sin n\pi \frac{at}{l} \cos n\pi \frac{x}{l},$$

on déduit

$$2u = 2U'_t = \left[B + \frac{\pi a}{l} \Sigma n B_n \cos \frac{n\pi}{l}(x + at)\right] + \left[B + \frac{\pi a}{l} \Sigma n B_n \cos \frac{n\pi}{l}(x - at)\right].$$

Si l'on compare à la fonction $U'_t(x, 0)$, on reconnaît le développement trigonométrique de la fonction $-(\rho g x^2/2E)$, où x a été remplacé par $x \pm at$. Donc dans le parallélogramme $|x \pm at| < l$, nous avons

$$u = -\frac{\rho g}{4E}[(x + at)^2 + (x - at)^2] = -\frac{\rho g}{2E}(x^2 + a^2 t^2),$$

résultat remarquablement simple.

Notre mode de calcul a mis en évidence que U, et par suite u, admettent les périodes $2l$ pour x et $2l/a$ pour t. Si nous considérons le morceau de paraboloïde

$$u = -\frac{\rho g}{2E}(x^2 + a^2 t^2), \qquad |x \pm at| < l,$$

il suffit de lui imprimer une translation $m.2l$, $n(2l/a)$, m et n désignant deux entiers quelconques, pour avoir la surface intégrale cherchée. Physiquement, on ne conserve de cette surface que la région pour laquelle $t \geqq 0$, $0 \leqq x \leqq l$. La fonction u est continue, mais ses dérivées à partir des premières subissent des discontinuités le long des lignes de raccordement des paraboloïdes. Il est curieux de constater que $u'_x(l, t)$ est nul constamment, mais n'est pas défini aux instants $k(2l/a)$, k désignant un entier quelconque. On est néanmoins conduit à supposer que cette valeur est nulle pour k positif, et égale à la valeur correspondant à la pression statique pour $k = 0$.

Le développement trigonométrique de la fonction u est le suivant :

$$u = -\frac{\rho g l^2}{2E}\left[\frac{1}{3} + \frac{4}{\pi^2} \sum \frac{(-1)^n}{n^2} \cos n\pi \frac{at}{l} \cos n\pi \frac{x}{l}\right].$$

Le procédé de calcul indiqué reste valable avec des conditions initiales quelconques.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Les écarts à la loi de Hooke et les limites du domaine de réversibilité.* Note (*) de MM. **Albert Kammerer** et **André Lamare**, présentée par M. Henri Beghin.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons montré comment on peut rendre compte des propriétés mécaniques statiques des matières plastiques (déformation instantanée, fluage, réactivité, non proportionnalité des contraintes aux déformations, etc.) et des propriétés mécaniques des matériaux soumis à des forces périodiques (limite d'endurance) en complétant les équations de la théorie de l'élasticité à l'aide : 1° de deux coefficients de viscosité λ' et μ' analogues aux coefficients λ et μ de Lamé; μ', très petit à côté de λ', peut être négligé; 2° de la variation du module d'élasticité E et du coefficient de Poisson σ au cours de la déformation. La deuxième hypothèse nous a permis d'expliquer aussi la variation de E avec la température; elle signifie que le développement des contraintes en fonction des éléments de la déformation ne peut être limité au premier terme (loi de Hooke). Debye et Léon Brillouin ont montré ([2]) que la dilatation thermique des solides est due à cette propriété.

Dans l'hypothèse simplificatrice où, seul, le module varie et où l'on ne considère que le premier terme de son développement en série, nous trouvons alors pour la contrainte uniforme de traction n, deux limites n_1 et n'_1, indépendantes de la forme et des dimensions de la section, séparant trois domaines : l'un ($n < n_1$) dans lequel l'allongement unitaire instantané e_0 et l'allongement limite e_1 pour un temps infini d'application de n ont des valeurs finies; le second ($n_1 < n < n'_1$) avec e_0 fini, e_1 infini, le troisième ($n > n'_1$) où e_0 est infini. Si $n = n'_1$, E s'annule suivant la traction.

En flexion, on observe : *a.* un déplacement de la ligne neutre; *b.* des valeurs N_1 et N'_1 limitant la contrainte fictive maximum N calculée par la résistance des matériaux classique; $H = N_1/n_1 = N'_1/n'_1$ dépend de la forme de la section de la poutre, de moment d'inertie I, de surface Ω; v étant la distance du centre de gravité à la fibre extrême tendue : $H = v\sqrt{\Omega/I}$.

Une éprouvette de traction, soumise à une contrainte n croissant régulièrement avec une vitesse dn/dt, constante pendant l'essai, se rompt pour $n = n_r$; n_r dépend de dn/dt. Avec le plexiglas M 222 à 24°C : $n_r = 7{,}8$ kg/mm² ($dn/dt = 100$ kg/mm²/min); 7, ($dn/dt = 1$); 5,5, ($dn/dt = 0{,}018$). Lorsque dn/dt croît, n_r tend vers n'_r, contrainte minimum provoquant la rupture par application instantanée de la charge. Puisque e_0 augmente indéfiniment quand

(*) Séance du 21 novembre 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1144-1145.

([2]) L. Brillouin, *Les tenseurs en Mécanique et en Élasticité*, Paris.

$n > n'_1$, la rupture survient obligatoirement dans ce domaine; on peut donc faire l'hypothèse que n'_r est confondu avec n'_1.

Dans l'essai de flexion, on peut de même supposer que la contrainte calculée à la rupture N_r tend, pour dN/dt infini, vers $N'_r = N'_1$; or $H = N'_1/n'_1$ dépendant de la section de l'éprouvette, la charge de rupture du plexiglas en flexion croissante devrait donc varier avec la forme de l'éprouvette pour une même valeur de dN/dt. Le tableau suivant donne les résultats obtenus avec le plexiglas M 222 quand $dn/dt = dN/dt = 100$ kg/mm²/min.

	Traction.	Flexion. Section carrée.	Section circulaire.	Section en losange.
$v\sqrt{\Omega/I}$		1,732	2	2,450
n_r ou N_r (en kg/mm²)	8	12	13	16,5
N_r/n_r		1,50	1,65	2,05

La théorie représente donc bien l'allure des phénomènes expérimentaux. Si dn/dt, ou dN/dt, tend vers zéro, n_r ou N_r tend vers n_1, ou N_1.

Conséquences. — 1° Les écarts à la loi de Hooke seraient donc la cause de l'existence d'une limite supérieure du domaine de réversibilité qui, selon la nature de la matière (amorphe ou multicristalline) et la nature des charges appliquées (statiques, périodiques), se nomme charge de rupture, limite élastique ou limite d'endurance.

2° Le module s'annulant lorsque $n = n'_1$ ou N'_1 et au bout d'un temps fini, lorsque $n > n_1$, on peut penser que la limite du domaine de réversibilité, dans les essais statiques, est définie par la condition que la matière a, suivant l'une au moins des directions principales, les propriétés des liquides ($E = 0$; $\sigma = 0,5$).

3° Dans le cas des métaux, corps multicristallins, la limite du domaine de réversibilité pour les charges statiques est la limite élastique R_e [2]. Leur viscosité étant faible, les vitesses habituelles de mise en charge peuvent être considérées comme lentes; R_e serait donc voisine de n_1.

4° Nous avons déjà signalé dans la Note précédente que la limite d'endurance est liée à n_1 (traction-compression) ou N_1 (flexion alternée); dans ce dernier cas, la limite d'endurance varierait donc avec la forme de la section de l'éprouvette d'essai.

5° Avec les vitesses d'essai habituelles, la limite d'endurance des matières plastiques, liée à n_1 ou N_1, est beaucoup plus petite que la charge de rupture statique voisine de n'_1 ou N'_1; avec les métaux, cette limite se rapproche davantage de la limite élastique, voisine de n_1 ou N_1.

(2) On admet que le métal est, à l'origine et *en moyenne*, isotrope et sans contraintes latentes, ce qui n'est en général pas réalisé.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Sur la détermination de la dissipation d'énergie par frottement interne.* Note de M. **Pierre Sorin**, présentée par M. Albert Caquot.

M. Le Rolland ([1]) a montré qu'il était possible de déterminer la perte relative spécifique d'énergie par cycle de déformation d'un élément matériel ou d'un ouvrage quelconque, à l'aide d'une méthode de vibrations forcées, dans laquelle deux systèmes oscillants identiques sont couplés par l'organe à étudier. Cette méthode comporte l'observation des décréments logarithmiques (δ_0 et δ) des vibrations des deux systèmes quand ils oscillent, d'abord en opposition (différence de phase $\varphi = \pi$) puis en phase ($\varphi = 0$). La perte spécifique d'énergie par cycle est donnée par la relation très simple

$$k = \frac{\Delta W}{W} = (\delta - \delta_0)N,$$

dans laquelle N est le nombre d'oscillations entre deux battements des systèmes oscillants lancés en quadrature ($\varphi = \pi/2$).

M. Koracs ([2]) a indiqué ultérieurement qu'il était possible d'obtenir cette perte relative spécifique d'énergie par l'observation des maxima et minima d'amplitude des battements entre les deux systèmes oscillants pour un déphasage quelconque.

La présente Note a pour but d'indiquer une modalité d'application de la même méthode de couplage, qui permet d'une façon directe la mesure de la perte d'énergie caractérisant la capacité d'amortissement.

Si l'organe (éprouvette ou ouvrage quelconque) qui sert de liaison entre les deux systèmes oscillants était sans frottement interne, les battements observés, dans le cas où l'un des systèmes part du repos, comporteraient des arrêts très nets ([3]). Mais s'il présente de l'hystérésis mécanique, le phénomène change de caractère, et les arrêts des oscillateurs sont remplacés par des minima, dont les amplitudes croissent régulièrement, jusqu'à l'obtention de l'opposition totale.

Or, il est possible d'obtenir un arrêt parfaitement net de l'organe oscillateur moteur (celui qui est lancé à l'instant initial) en le déréglant de façon à augmenter son énergie (U) d'une quantité (ΔU) convenable. Cet arrêt peut avoir lieu au bout de $N/2$ oscillations (demi-battement); mais l'expérience montre qu'il est possible de l'obtenir au bout de $3N/2$, à condition de fournir l'énergie supplémentaire $3\Delta U$, au bout de $5N/2$ pour un déréglage en énergie $5\Delta U$, ...

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 37.
([2]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1019.
([3]) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 336.

La seule interprétation possible de ces faits est que l'oscillateur moteur s'arrête exactement quand tout le surplus d'énergie qui lui a été fourni a été dissipé par le frottement intérieur de l'éprouvette ou de l'ouvrage.

Dans le cas particulier d'un frottement de caractère visqueux, le calcul interprète exactement ces résultats. Mais le phénomène est très général et a lieu quelle que soit la nature des forces de dissipation d'énergie.

Pratiquement on dérègle l'oscillateur moteur (en général un pendule) par déplacement de son centre de gravité, ou par variation de sa rigidité élastique. Ce déréglage modifie systématiquement l'allure des battements, de telle sorte qu'au bout d'un très petit nombre d'essais, on arrive à obtenir la valeur convenable de ΔU.

Ce supplément d'énergie ayant été dissipé par l'éprouvette au bout d'un nombre $N/2$ d'oscillations, la perte relative spécifique d'énergie par cycle est

$$k = \frac{2\Delta U}{N}.$$

Cette méthode d'observation de l'énergie dissipée par frottement intérieur, a donné des résultats concordant exactement avec ceux qui ont été obtenus à l'aide des deux autres. Toutefois l'intérêt spécial de cette technique est que, pendant le temps au cours duquel se dissipe l'énergie ΔU, l'amplitude de l'organe de couplage reste rigoureusement constante.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur le tracé des écoulements à surface libre.* Note (*) de M. **Robert Silber**, présentée par M. Henri Villat.

Résolvons ce problème en étudiant séparément les variations Δx et Δy en fonction de celle de la charge spécifique ΔH_s. Nous avons, d'une part,

$$(1) \qquad H_s = H - h, \qquad \text{d'où} \qquad dH_s = \left(-\frac{Q^2}{C^2 S^2 R_H} + i_r\right) dx,$$

i_r pente du radier, C coefficient de Chezy, R_H rayon hydraulique; d'autre part

$$H_s = y + \frac{Q^2}{2gS^2}.$$

Introduisons les variables sans dimensions

$$y^* = \frac{y}{H_s}, \qquad q^* = \frac{\frac{Q}{l_m}}{H_s\sqrt{2gH_s}}, \qquad \text{avec} \quad l_m = \frac{S}{y}.$$

Nous obtenons

$$(2) \qquad q^* = y^*\sqrt{1-y^*},$$

(*) Séance du 21 novembre 1949.

équation de la *caractéristique universelle* donnant l'évolution du débit réduit en fonction de la profondeur d'eau réduite.

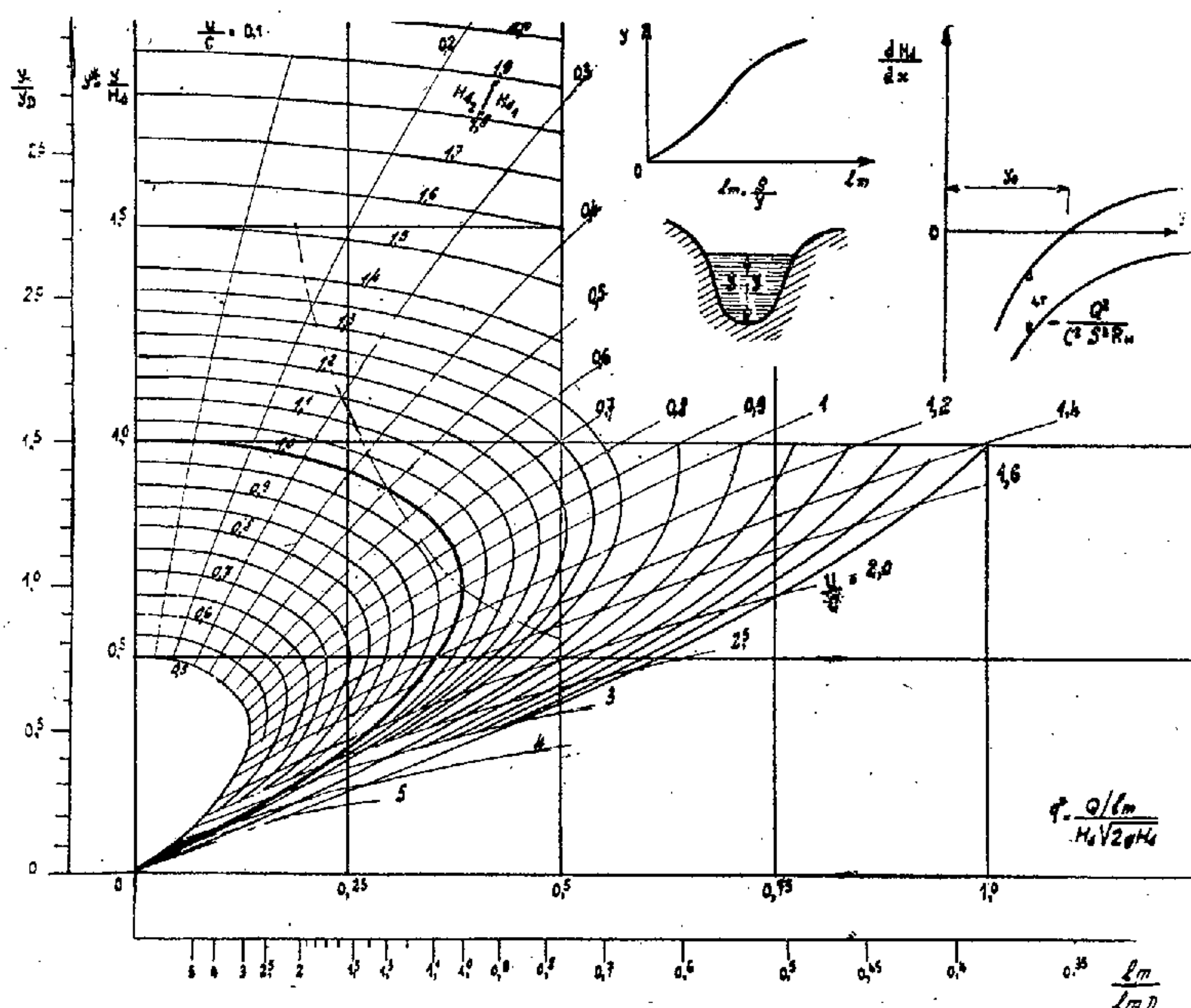
Prenons comme grandeur de référence la charge spécifique connue H_{s_1} du point connu x_1, y_1 de la surface libre; en tout autre point x_2 la charge spécifique est H_{s_2} et le point figuratif est sur la *caractéristique secondaire*, affine de la *caractéristique principale* précédente

$$\frac{y_2^\star}{y_1^\star}=\frac{H_{s_2}}{H_{s_1}},\qquad \frac{q_2^\star}{q_1^\star}=\left(\frac{H_{s_2}}{H_{s_1}}\right)^{\frac{3}{2}}.$$

Le réseau gradué en H_{s_2}/H_{s_1} détermine sur le lieu des points figuratifs du canal — *courbe d'utilisation* du canal — les y_2, y_3, ... correspondant à une variation ΔH_s, d'où

$$\Delta x=\frac{\Delta H_s}{\dfrac{dH_s}{dx}},$$

la valeur de dH_s/dx étant relevée à la valeur moyenne de y sur la courbe (1) facilement tracée en fonction de y.



La courbe d'utilisation du canal prismatique de section rectangulaire est la verticale passant par le point $y_1^\star$. Celle du canal prismatique de section quelconque est obtenue en relevant pour chaque y_2, soit $y_2^\star$, la valeur de l_{m_2} d'où

$$\frac{q_2^\star}{q_1^\star}=\frac{l_{m_1}}{l_{m_2}}.$$

On peut également tracer de proche en proche celle d'un canal non prismatique en tenant compte de la variation de l_m en fonction de x.

Enfin toutes les courbes d'utilisation d'un canal pour des débits variables sont affines. Prenons comme H_s de référence celui (H_{s_D}) qui correspond au point pseudo-critique (défini par $U=\sqrt{gy}$, point critique du canal rectangulaire) et posons de plus

$$y^+=\frac{y^*}{y^*_D}=\frac{\dfrac{y}{H_{s_D}}}{\dfrac{y_D}{H_{s_D}}}=\frac{y}{y_D},\qquad q^+=\frac{q^*}{q^*_D}=\frac{\dfrac{Q}{l_m}}{\dfrac{Q}{l_{m_D}}}=\frac{l_{m_D}}{l_m}.$$

La courbe d'utilisation *unique* d'un canal donné passe par le point pseudo-critique de la caractéristique principale et les ordonnées du diagramme peuvent être graduées en y/y_D et l_m/l_{m_D}.

MÉCANIQUE DES SUSPENSIONS. — *Influence du facteur constructif ψ_0 sur la courbe de rendement d'un cyclone.* Note (*) de MM. **Raymond Boucher** et **Pierre Montigny**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans un article récent MM. Brun et Vasseur ([1]) ont étudié le mouvement d'un corpuscule en suspension dans un vortex avec écoulement au centre (puits-tourbillon). Ils ont montré, dans le domaine d'application de la loi de Stokes, que pour une particule de densité supérieure à celle du fluide, il existait une trajectoire circulaire asymptote parfaitement stable. Par exemple, dans le cas d'une suspension particulaire dans l'air (densité des poussières très supérieure à celle du fluide), ils aboutissaient à la formule générale

$$(1)\qquad r_m=d\sqrt{\frac{B\rho\sin^2\omega}{K\mu\cos\omega}},$$

r_m étant le rayon du cylindre asymptote pour des particules de diamètre d, K une constante dépendant du facteur de forme de la particule α_s/α_v, μ la viscosité absolue, ρ la masse spécifique de la particule, B la constante définissant le mouvement irrotationnel du fluide ($B=U'R$), et ω l'angle constant de la trajectoire (spirale logarithmique) avec le rayon vecteur.

L'équation (1) fournit le diamètre d en fonction de l'angle ψ ($\pi/2+\psi=\omega$) pour un rayon donné r du cylindre particulaire asymptote

$$(2)\qquad d=A\frac{\sqrt{\sin\psi}}{\cos\psi},\qquad\text{avec}\quad A=\sqrt{\frac{r^2K\mu}{\rho B}}.$$

(*) Séance du 21 novembre 1949.

([1]) *La mécanique des suspensions dans le cas d'un cylone* [*Communication au VIIe Congrès international de Mécanique appliquée* (Londres)].

Dans le cas de la trajectoire d'un fluide (entraînant une particule de faible vitesse relative) à l'intérieur d'un cyclone, l'angle ψ est une caractéristique très importante, car il représente l'angle du cylindre extérieur avec la direction des filets fluides de l'ouïe en chaque point du prolongement virtuel du cylindre dans l'ouïe. La projection normale à l'axe du cyclone (*fig.* 1) montre que ψ peut varier de o à ψ_0 ($\psi_0 \leq \pi/2$) et qu'il est fonction de la distance S du filet fluide à la paroi extérieure de l'ouïe.

$$S = R(1 - \cos\psi).$$

Désignons par S_0 la largeur de l'ouïe et par η le pourcentage de particules captées [condition de captation (²) $r \geq r_0$, $r_0 =$ rayon de la cheminée centrale

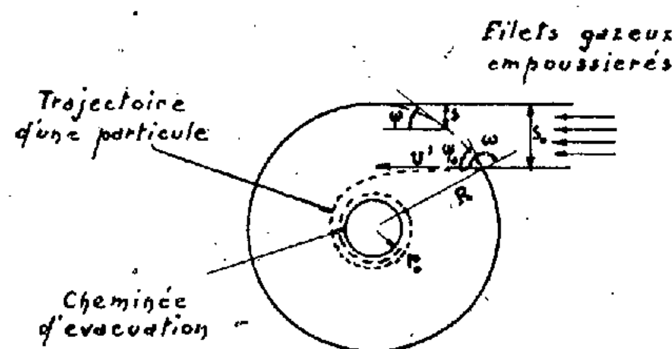


Fig. 1.

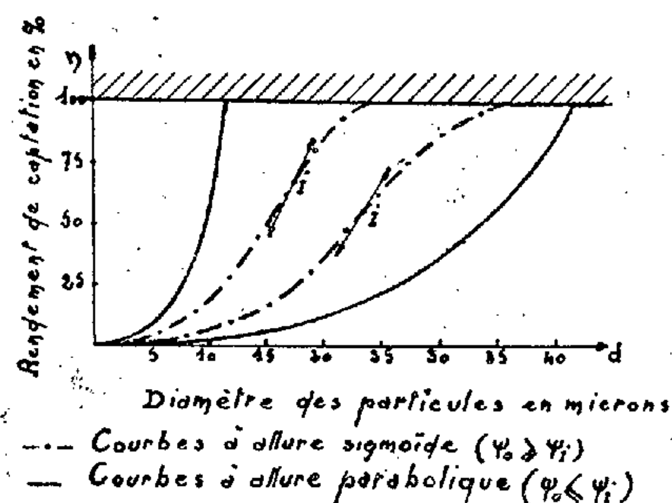


Fig. 2.

d'évacuation]; on peut écrire, en supposant la distribution particulaire uniforme sur toute la section de l'ouïe d'entrée

$$(3) \qquad \eta = C(1 - \cos\psi) \qquad \text{avec} \quad C = \frac{100}{1 - \cos\psi_0}.$$

Les égalités (2) et (3), dans lesquelles on fait $r = r_0$, sont alors la représentation paramétrique de la courbe $\eta = \Phi(d)$ dite courbe de rendement du cyclone.

Le tracé des courbes de rendement de divers cyclones montre (*fig.* 2) qu'elles se divisent en deux catégories, celles d'allure sigmoïde et celles ayant un début d'allure parabolique. Pour caractériser les premières, nous avons cherché les coordonnées du point d'inflexion I et la valeur correspondante de l'angle ψ.

$$\frac{d^2\eta}{d\,d^2} = \frac{\dfrac{d^2\eta}{d\psi^2}\dfrac{d\,d}{d\psi} - \dfrac{d^2 d}{d\psi^2}\dfrac{d\eta}{d\psi}}{\left(\dfrac{d\,d}{d\psi}\right)^3} = 0,$$

(²) Cette hypothèse semble plausible puisque les particules ont alors une densité de choc maximum dans le cylindre asymptote et qu'elles ne peuvent subir les effets de la réaspiration si la cheminée d'évacuation plonge suffisamment à l'intérieur du cyclone.

d'où

$$\frac{\eta''_\psi}{\eta'_\psi} = \frac{d''_\psi}{d'_\psi}.$$

En remplaçant les dérivées premières et secondes par leurs valeurs déduites de (2) et (3) on obtient

$$\sin^4\psi + \frac{8}{3}\sin^2\psi - 1 = 0.$$

La racine positive définit la seule valeur de ψ correspondant aux coordonnées du point I,

$$\sin\psi_I = \frac{\sqrt{3}}{3}, \qquad \text{d'où} \qquad \psi_I = 35^\circ 15' 40''.$$

Donc, pour tout cyclone dont l'angle constructif ψ_0 est supérieur à la valeur ψ_I (35°15′40″), l'ordonnée du point d'inflexion a une réalité physique et la courbe de rendement de l'appareil a une allure sigmoïde. Inversement, pour tout cyclone de ψ_0 inférieur à ψ_I, l'ordonnée du point d'inflexion est rejetée au delà de $\eta = 100$ et la courbe réelle de rendement ne présente pas de changement de sens de courbure. Du point de vue pratique, le constructeur a un gros avantage à construire une telle courbe. L'aire de la section maîtresse de la tuyauterie d'arrivée du fluide contenant les fines particules impose donc un rayon extérieur minimum du cyclone $R = S_0/(1 - \cos\psi_I)$ qui entraîne une courbe réelle de rendement d'allure non sigmoïde. Le constructeur ayant fixé son angle ψ_0 et par conséquent R (pour un S_0 donné) la formule (1) montre qu'il ne lui reste plus qu'à augmenter la vitesse du fluide [3] dans l'ouïe s'il veut encore améliorer sa courbe de rendement.

GÉODÉSIE. — *Mesures gravimétriques en Bretagne.*
Note (*) de M. **Robert Bollo**, présentée par M. Pierre Lejay.

Le Bureau des Recherches géologiques et géophysiques a entrepris en juin 1949 l'étude régionale de la Bretagne, afin de faciliter par des mesures sur le socle, l'interprétation de la prospection gravimétrique du Bassin Parisien.

L'appareil utilisé est le gravimètre *North-American* AG 1, n° 45 qui donne, si l'on adopte la constante d'étalonnage du constructeur, pour Paris-Toulouse $\Delta g = 501^{\text{mgal}},32$. Les mesures ont été corrigées pour donner nos résultats dans

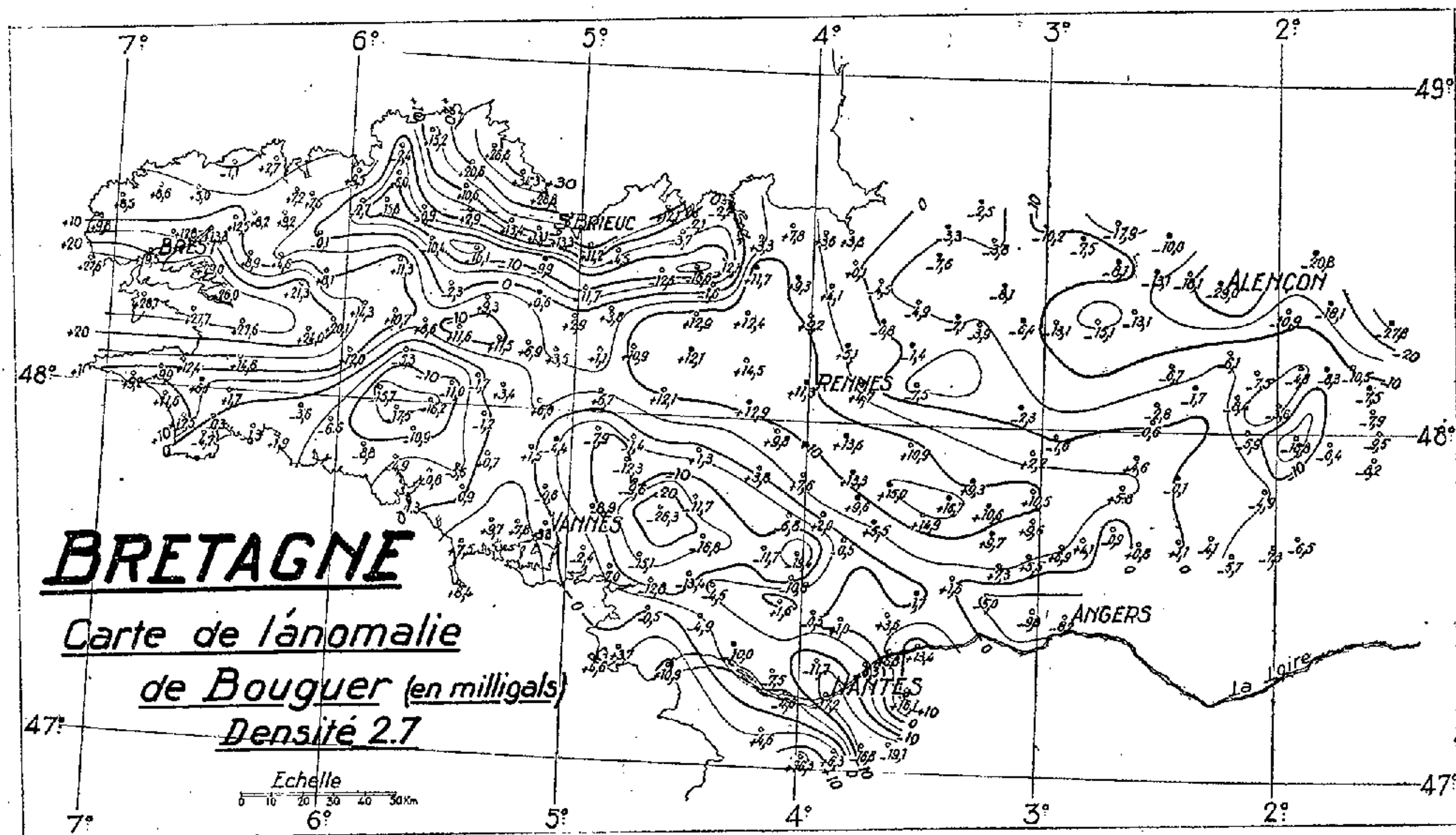
---

(3) Ceci dans les limites compatibles avec le fait que le débit admis dans un cyclone diminue en général comme le carré de son diamètre.

(*) Séance du 14 novembre 1949.

un système récemment défini (1) et qui assigne à Paris-Toulouse la valeur de $498^{\text{mgal}},8$.

Cette campagne a permis d'expérimenter une méthode pour l'étude rapide d'anomalies régionales et susceptible d'apporter de sérieuses économies dans l'établissement de réseaux de bases pour les levers de détail. C'est ainsi qu'en 18 jours, 262 observations ont été exécutées, couvrant une région de $48\,000^{\text{km}^2}$.



La méthode consiste essentiellement à tenir compte de la variation luni-solaire de la gravité pour suivre la dérive de l'appareil, tout en s'assurant un contrôle quotidien de la précision des mesures. On décrit tous les jours deux grandes boucles autour d'un point A en stationnant en deux points stationnés la veille et deux points qui seront stationnés le lendemain. Chemin faisant, on observe en autant de points qu'il est nécessaire. On obtient ainsi trois mesures en A et une double mesure de deux segments. Les trois mesures en A, portées sur un graphique comportant la courbe de variation luni-solaire permettent en se guidant sur cette dernière, de tracer la courbe de correction journalière, dont toutes les mesures sont corrigées. Du fait que cette courbe ne passe pas exactement par les trois points qui ont servi à la déterminer et que l'on a pris la moyenne arithmétique des deux mesures des segments doubles, on obtient pour chaque journée une triangulation comportant des petites erreurs de fermeture que l'on compense à vue.

(1) J. MARTIN, *Liaisons gravimétriques internationales et détermination de la base française Paris-Toulouse*; P. LEJAY, *Remarques sur la Note précédente* (*Comptes rendus*, 229, 1949, p. 18).

L'ensemble de ces systèmes journaliers constitue une chaîne se renfermant sur elle-même.

Pour apprécier la précision des mesures nous disposons :

1° de la fermeture de la chaîne dans son ensemble : $0^{mgal},09$;

2° des différences dans la mesure des 16 segments doubles : 14 d'entre elles, soit 88 % sont inférieures à $0^{mgal},06$ et les autres inférieures à $0^{mgal},13$;

3° des différences de la valeur adoptée à la valeur mesurée pour les 177 segments simples : 90 % sont inférieures ou égales à $0^{mgal},02$, les autres sont inférieures à $0^{mgal},06$.

Nous en concluons que la précision doit être de l'ordre de $0^{mgal},05$.

Une précision supérieure pourrait être atteinte par la méthode préconisée si on le désirait, en multipliant le nombre des points expérimentaux de la courbe de correction, c'est-à-dire en multipliant le nombre des recoupements.

GÉODÉSIE. — *La gravimétrie de la Bretagne et la Géologie.*

Note (*) de M. **Jean Goguel**, présentée par M. Pierre Lejay.

Bien que les corrections isostatiques n'aient pas été calculées pour les stations de M. Bollo (*voir* Note précédente), ce qui ne permet pas de dire laquelle des différentes hypothèses pour lesquelles des tables ont été publiées représente le mieux les mesures, il résulte de celles-ci que la Bretagne est certainement compensée, non seulement dans son ensemble, mais dans ses différentes parties.

Compte tenu de l'effet de la compensation isostatique, qui relève les valeurs de la gravité le long des côtes, et surtout à l'extrémité du Finistère, les minimums de la gravité correspondent très exactement aux massifs granitiques, dont les isogames dessinent les contours avec toute la précision que comporte l'espacement des stations. La densité des roches superficielles ne paraissant pas être supérieure à celle du granite, il faut qu'elles surmontent des roches sensiblement plus lourdes, au sein desquelles le granite apparaisse comparativement léger, et cela à une profondeur sans doute moindre que 10^{km}.

Les seules exceptions à signaler sont les suivantes : Dans les Côtes-du-Nord, le granite de Dinan ne correspond pas à une anomalie négative comme les autres, sans doute parce qu'il est criblé de filons de diabase qui élèvent sa densité moyenne.

Les bandes allongées de granites plus ou moins schisteux du Sud de la Bretagne (landes de Lanvaux) ne correspondent pas à une anomalie négative continue, ce qui semble indiquer que leur enracinement profond est différent de celui des autres massifs.

(*) Séance du 14 novembre 1949.

A l'Est de Redon, une bande d'anomalies négatives, avec un minimum relatif près de Guéméné-Penfao, ne correspond à aucun granite visible; on peut formuler l'hypothèse de granites non encore atteints par l'érosion.

Le maximum très marqué à l'Ouest de la Baie de Saint-Brieuc ne peut guère s'interpréter en fonction de la structure géologique connue.

Avec l'espacement des stations utilisé, il n'est pas possible de mettre en évidence une relation entre la gravimétrie et la position des synclinaux primaires.

Ces résultats, et en particulier la relation entre granites et anomalies négatives, fourniront un terme de comparaison pour l'interprétation gravimétrique du Bassin Parisien et de son socle profond.

MAGNÉTISME. — *Texture magnétique macroscopique des rubans en permalloy.* Note (*) de MM. **Israel Epelboin** et **André Marais**, présentée par M. Aimé Cotton.

La poursuite de l'étude, à l'aide des courants alternatifs et du polissage électrolytique, de la répartition de la perméabilité dans l'épaisseur des ferromagnétiques massifs (texture macroscopique) aboutit à des relations bien définies entre cette répartition et l'épaisseur du métal. Le but de cette Note est de préciser cette relation dans le cas des ferronickels complexes du type permalloy, additionnés ou non de chrome, de cuivre ou de molybdène dont la présence ne modifie pas les fortes variations de perméabilité magnétique qui accompagnent les réorganisations structurales propres aux alliages voisins de $FeNi_3$.

A titre d'exemple, nous donnons ici les résultats obtenus avec des rubans en permalloy usuel (Ni 77 %, Cu 5 %, Mo 4 %), d'épaisseurs diverses obtenues par laminage et traités simultanément à 1100° dans l'hydrogène. La figure 1 représente la texture macroscopique de l'un de ces rubans d'épaisseur $2L = 0^{mm},5$. Nous voyons que lorsqu'on s'éloigne de la surface, la perméabilité est d'abord croissante (portions VA et V_1A_1), puis décroissante (portions AB et A_1B_1) et ensuite constante (palier BB_1). En d'autres termes, la texture est d'abord positive, puis négative et enfin nulle. L'étude de rubans plus minces a montré que pour des épaisseurs de plus en plus faibles, la répartition de la perméabilité dans l'épaisseur du métal se modifie; en effet, les distances AA_1 et BB_1 de la courbe précitée diminuent : il y a d'abord disparition du palier BB_1, puis les points A et A_1 se confondent et disparaissent. C'est ainsi que pour une épaisseur $e = 0^{mm},27$, la partie ABB_1A_1 a disparu, ce qui donne la texture positive que nous avons déjà signalée.

Une première vérification de ces courbes est obtenue par la concordance des résultats que donne le polissage électrolytique effectué, suivant les cas, sur les

---

(*) Séance du 21 novembre 1949.

deux faces ou sur une face du ruban. Nous en avons fait une autre en comparant les spectres magnétiques hertziens d'échantillons de même épaisseur, mais de texture macroscopique différente. Prenons par exemple deux rubans ayant la composition indiquée ci-dessus, traités simultanément dans l'hydrogène à 1100° et de même épaisseur $0^{mm},27$. Le premier a été obtenu directement par laminage, ce qui lui donne une texture positive; le deuxième a été obtenu en polissant électrolytiquement après traitement un ruban de $0^{mm},5$, ce qui a supprimé la texture positive VA — $V_1 A_1$ et laissé seulement la texture négative (partie hachurée de la figure). La figure 2 indique, pour chacun de ces rubans, la variation de la perméabilité conservative effective et

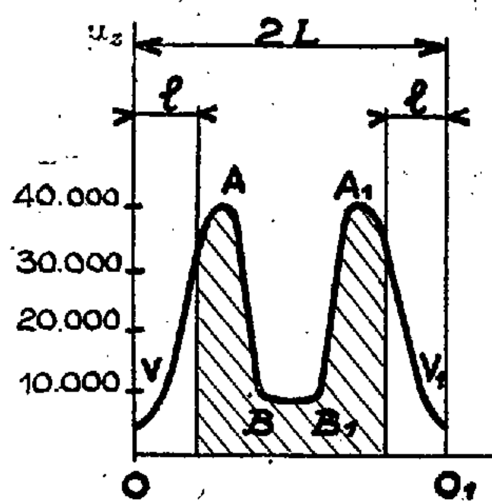


Fig. 1. — Répartition de la perméabilité μ_z dans l'épaisseur d'un ruban en permalloy de $0^{mm},5$ d'épaisseur.

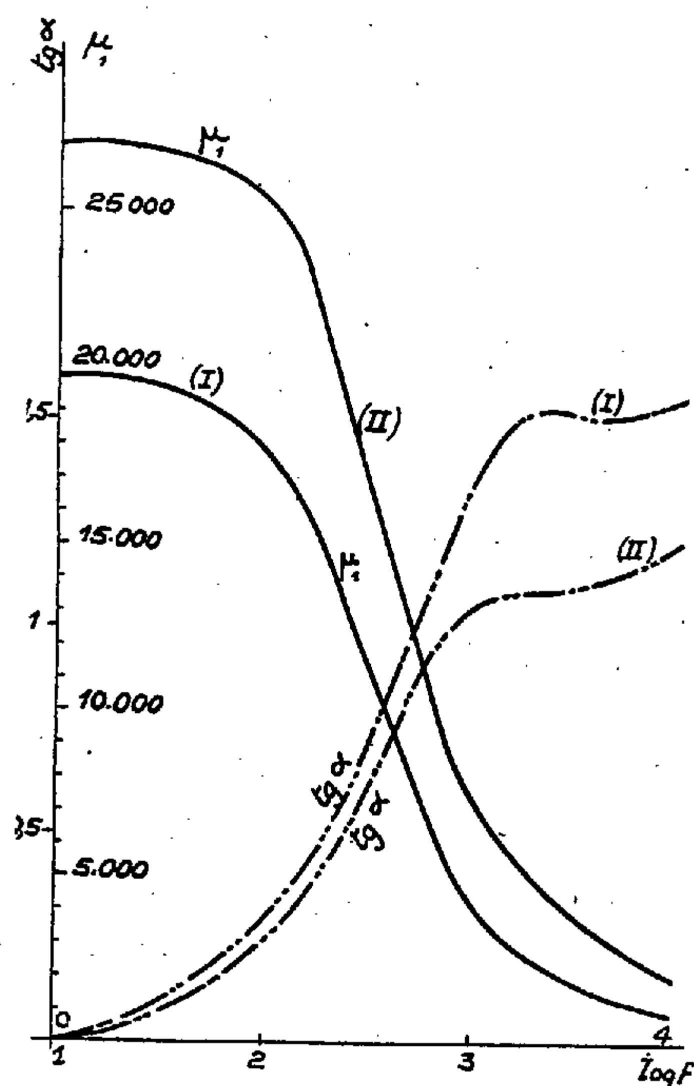


Fig. 2. — Perméabilité effective μ_1 et angle de pertes $tg\alpha$ en fonction de la fréquence ($0 < f < 10^4$ c/s), de 2 rubans en permalloy de $0^{mm},27$ d'épaisseur. L'échantillon I a une texture positive, l'échantillon II a une texture négative.

de l'angle de pertes magnétiques en fonction de la fréquence. Seule, la différence de texture magnétique peut expliquer que pour une fréquence donnée, le deuxième échantillon possède une perméabilité plus élevée et un angle de pertes plus faible que le premier. D'autre part, si l'on calcule les pertes par courants de Foucault en tenant compte des deux textures différentes et qu'on les compare aux pertes magnétiques réelles, on trouve dans les pertes par

traînage magnétique [définies dans une précédente Note ([1])], un résidu de pertes indépendant des courants de Foucault. En utilisant les notations de la Note précitée, on trouve en effet :

pour l'échantillon I à texture positive : $\sigma_a/\sigma_0 = 1,85$ et $\sigma'_a/\sigma_0 \cong 1,35$;
pour l'échantillon II à texture négative : $\sigma_a/\sigma_0 = 1,07$ et $\sigma'_a/\sigma_0 \cong 0,7$.

Ces pertes résiduelles apparaissent d'ailleurs très nettement pour les rubans très minces polis électrolytiquement par suite de la diminution relative des autres pertes magnétiques.

La relation que nous avons trouvée entre la répartition de la perméabilité et l'épaisseur des rubans laminés nous fait penser que, tout au moins dans le domaine d'épaisseur étudié, la texture d'un ruban d'épaisseur $2l$ peut être déduite de celle d'un ruban plus épais, d'épaisseur 2 L, à condition qu'ils soient originaires d'une même coulée et qu'ils aient été traités simultanément. Il suffit en effet de supprimer dans le milieu de la texture du 2e ruban, une bande $2(L - l)$, hachurée sur la figure 1, et d'accoler les deux extrémités d'épaisseurs respectives l. Ceci a été vérifié sur des rubans en permalloy de la composition des précédents et laminés à des épaisseurs comprises entre 0mm,05 et 0mm,5. La courbe représentant la perméabilité initiale moyenne en fonction de ces épaisseurs présente un maximum pour 0mm,35 environ; elle a pratiquement la même allure que celle obtenue en calculant les perméabilités moyennes en déduisant la texture de celle d'un ruban de 0mm,5 d'épaisseur. D'autre part, comme tous les permalloys laminés possèdent au-dessous d'une certaine épaisseur (de l'ordre de quelques dixièmes de millimètre) une texture uniquement positive, ceci explique pourquoi la perméabilité des laminés très minces diminue avec l'épaisseur.

MAGNÉTISME. — *Quelques propriétés ferromagnétiques des ferrites mixtes de nickel et de zinc.* Note de M. **Charles Guillaud** et Mme **Madeleine Roux**, présentée par M. Aimé Cotton.

On sait que l'on peut représenter les ferrites par la formule générale Fe_2O_3MO dans laquelle M désigne un métal bivalent tel que Ni, Mg, Cn, Zn, etc. Il est possible, dans certains ferrites, de substituer partiellement à ce métal bivalent M, un autre métal de même valence. C'est ainsi que dans le ferrite mixte (Fe_2O_3NiO, ZnO) qui fait l'objet de notre étude, nous avons fait varier le titre moléculaire en NiO de 5 à 50 %, tout en maintenant constant et égal à 50 % le titre moléculaire en Fe_2O_3, le complément étant fourni par ZnO.

L'importance pratique de ces corps, dans le domaine de l'aimantation initiale, a été mise en évidence par les travaux de Snoëk et de Verwey. Mais

---

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1110.

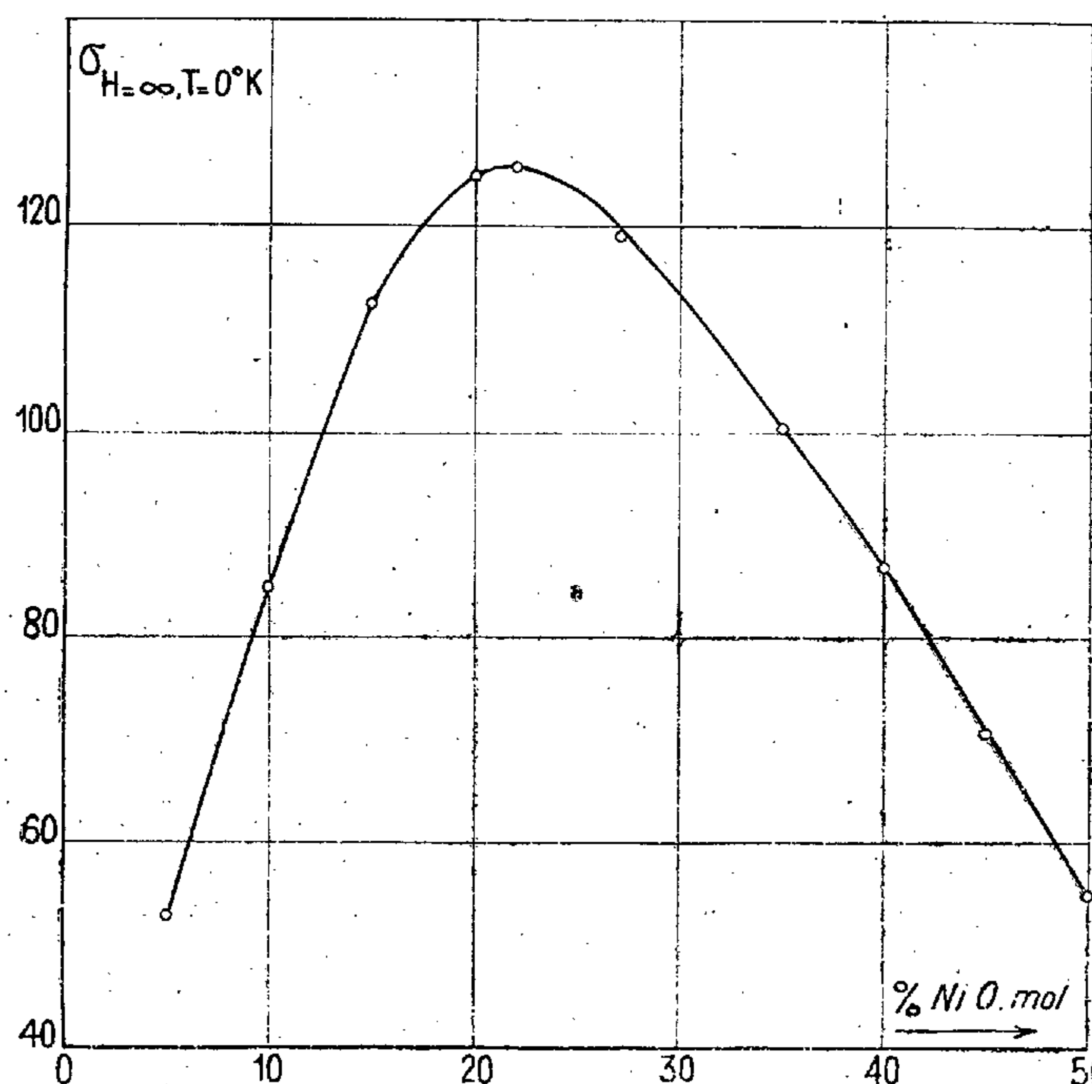


Fig. 1.

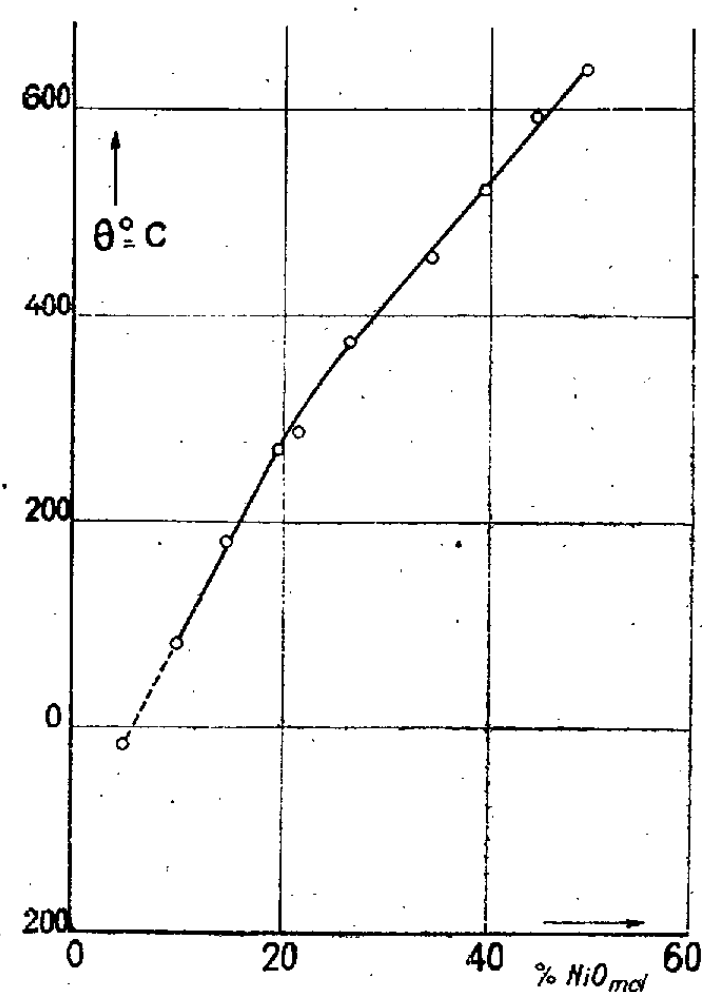


Fig. 2.

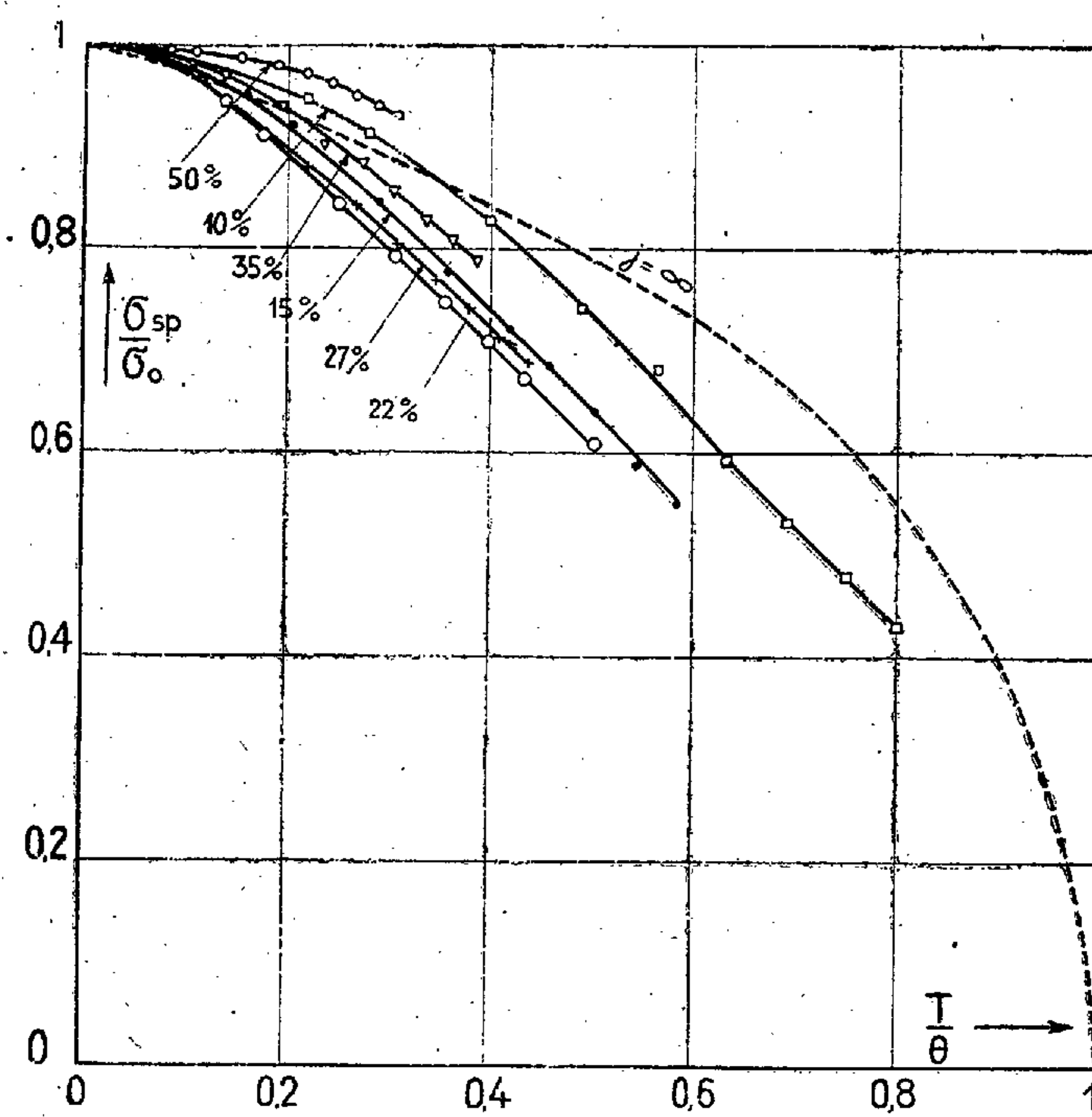


Fig. 3.

c'est à M. Chaudron et à ses collaborateurs, Forestier, Michel, Bénard, que nous devons les recherches de base sur les ferrites.

La préparation que nous avons jugée la meilleure et que nous avons adoptée uniformément consiste à porter les oxydes en poudres très intimement mélangées et agglomérées, sous forte pression, à 1200° C, sous atmosphère d'oxygène (1).

PROPRIÉTÉS FERROMAGNÉTIQUES. — 1° *Moments à saturation.* — La figure 1 reproduit la variation de la saturation absolue $\sigma_{\infty,0}$ en fonction du titre en NiO. Ne faisant aucune hypothèse sur les porteurs de moment, nous avons donné la valeur de $\sigma_{\infty,0}$, moment magnétique d'un gramme de substance, à la température de 0° K et pour un champ infini. Ce moment est obtenu par extrapolation, à partir des lois d'approche.

2° *Points de Curie.* — La figure 2 représente la variation du point de Curie, en fonction du titre en NiO.

3° *Aimantations spontanées.* — σ_{sp} est l'aimantation spontanée à la température absolue T. σ^0 l'aimantation spontanée à 0° K et θ la température du point de Curie. Nous avons tracé sur la figure 3 la courbe déduite de la théorie classique de Langevin ($j = \infty$).

MAGNÉTISME. — *Sur la variation des aimantations thermorémanente et rémanente isotherme des terres cuites en fonction du champ appliqué.* Note (*) de Mlle **Juliette Roquet**, présentée par Charles Maurain.

L'aimantation des terres cuites, principalement l'aimantation thermorémanente, a fait l'objet d'une étude étendue de E. Thellier (1). Les lois expérimentales qu'il a établies viennent d'être expliquées par un travail théorique de L. Néel (2).

Il était intéressant, pour vérifier certains points de la théorie, de continuer l'étude expérimentale de ces aimantations. Les essais qui suivent sont relatifs à la variation des aimantations thermorémanente et rémanente isotherme (3), en fonction du champ, jusqu'à des champs relativement élevés.

Ces essais portent sur un cylindre d'argile cuite C_{36} déjà étudié à d'autres points de vue (1). Cet échantillon renferme plusieurs constituants ferromagné-

(1) MM. Michel et Bénard nous ont fourni certains ferrites et oxydes purs et nous ont conseillés pour la préparation de ces derniers.

(*) Séance du 21 novembre 1949.

(1) *Thèse*, Faculté des Sciences de l'Université de Paris, 1938, et *Annales de l'Institut de Physique du Globe de Paris*, 1938, p. 156-302.

(2) *Annales de Géophysique*, 5, 1949, n° 2, p. 99.

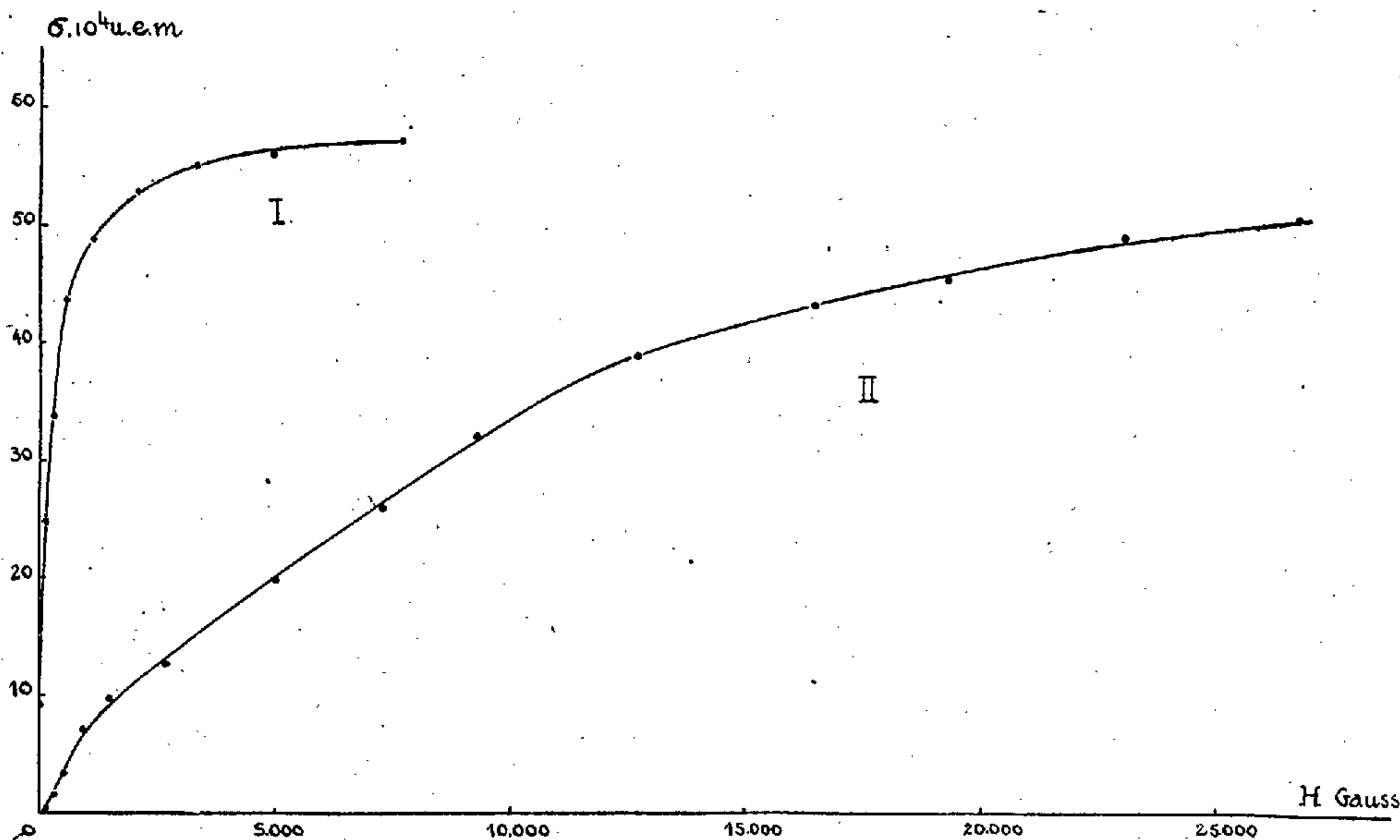
(3) Respectivement A. T. R. et A. R. I. dans les notations de L. Néel.

tiques dont les principaux sont Fe_2O_3 et Fe_3O_4. Il avait été cuit, initialement, à 940° et j'ai vérifié qu'il est magnétiquement stable pour des essais dans lesquels on ne l'a porté qu'à des températures inférieures ou au plus égales à 710°.

Aimantation thermorémanente : A. T. R. — Dans un petit four spécialement construit, placé dans l'entrefer de l'électro-aimant de Bellevue, l'échantillon est porté à une température dépassant 675°, point de Curie supérieur de l'échantillon; puis il est refroidi dans un champ H donné, jusqu'à 90°. nO mesure ensuite son aimantation spécifique : $\sigma_{675,90}$ après retour à la température ordinaire. Le refroidissement en champ H n'est pas poursuivi jusqu'à la température ordinaire afin de réduire autant que possible la consommation de l'électro-aimant.

Des essais successifs analogues sont répétés pour des valeurs croissantes de H. A cause de l'encombrement du four limitant le rapprochement des pièces polaires de l'électro-aimant, il n'a pas été possible de dépasser 7 700 Γ.

La courbe I représente la variation de l'A. T. R. en fonction du champ H agissant au refroidissement.



Aimantation rémanente isotherme : A. R. I. — L'échantillon, préalablement désaimanté par réchauffement à température un peu supérieure à 675°, est placé dans l'entrefer de l'électro-aimant et soumis, à la température ordinaire, à plusieurs cycles d'aimantation entre les valeurs + H et — H du champ, puis, finalement, laissé pendant 1 minute dans le champ + H. Il acquiert ainsi une A. R. I. dont on mesure la valeur spécifique : σ_r, 1 heure 10 minutes après suppression du champ.

La courbe II représente la variation de l'A. R. I. en fonction du champ porté ici jusqu'à 26 800 Γ.

On sait que l'A. R. I. décroît avec le temps, d'une façon assez notable au début. Je l'ai vérifié à nouveau pour cet échantillon. L'A. T. R., au contraire, est stable dans le temps. J'ai observé qu'il en était bien ainsi pour des mesures distantes de 15 jours, pour l'A. T. R. la plus forte.

Les courbes I et II permettent les observations suivantes :

1° La saturation n'est atteinte ni pour l'A. T. R. ni pour l'A. R. I. dans les champs maxima utilisés, respectivement 7700 Γ et 26800 Γ.

2° L'allure des deux variations est extrêmement différente dans les champs peu élevés (quelques centaines de gauss); l'A. T. R. est beaucoup plus forte, à champ égal, que l'A. R. I. Pour un champ $H = 270\,\Gamma$ l'A. T. R. atteint $33,7.10^{-4}$ u. é. m., ce qui représente 59/100 de l'A. T. R. maximum (dans un champ de 7700 Γ), tandis que dans ce même champ de 270 Γ l'A. R. I. est encore très faible : $0,95.10^{-4}$ u. é. m. soit 2,8/100 de l'A. T. R. correspondante.

3° Ensuite l'A. T. R. croît moins rapidement que l'A. R. I. en fonction du champ et, pour la valeur la plus élevée atteinte par l'A. T. R. dans le champ de 7700 Γ, l'A. R. I. correspondante est les 77/100 de l'A. T. R.

La courbe II présente une certaine indétermination venant d'une part, de l'évolution de l'A. R. I. en fonction du temps et d'autre part de la non-uniformité des champs très élevés de l'électro-aimant. Cependant son allure me paraît correcte et les changements de pente réels.

4° Il semble que l'A. T. R. et l'A. R. I. peuvent tendre, dans les champs très élevés vers une limite commune. Ainsi, progressivement, les deux mécanismes d'aimantation, si différents dans les champs faibles, convergeraient vers les mêmes effets dans les champs très élevés.

OPTIQUE MOLÉCULAIRE. — *Intensité de la lumière diffusée dans la composante centrale du triplet Rayleigh.* Note (*) de M. **Yves Rocard**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les mesures très précises de Gérard de Vaucouleurs (1) (G. V.) l'obligent à conclure que dans les liquides la diffusion Rayleigh espérimentale est plus forte de 10% (éther) à 15% (benzène) que la diffusion théorique, l'écart portant seulement sur la composante centrale du triplet et non sur les deux ailes dites *doublet Brillouin*.

Or, j'avais donné dès 1925 (2) la formule correcte $R = (\pi^2/2\lambda^4)\,KT\beta(\mu^2 - 1)^2$

(*) Séance du 14 novembre 1949.

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 35.

(2) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 212; *Ann. de Physique*, 10, p. 116 et 181.

pour le rapport de Rayleigh, en montrant que les fluctuations du champ de polarisation étaient inexistantes, et en y substituant un petit résidu (ici négligeable) constitué par les fluctuations du champ intermoléculaire. Pour expliquer les résultats G. V., il n'y a apparemment de ressources que dans une reprise du calcul fondamental des fluctuations en densité. On peut conduire celui-ci en faisant apparaître les *corrélations* de *fluctuations* entre les éléments voisins.

Soit ΔV un volume déjà petit devant la longueur d'onde, pris dans le fluide, et δv_i une fraction très petite de ΔV. On peut conduire le calcul de R en y faisant apparaître

$$\overline{(\Sigma \delta\rho_i \delta v_i)^2} = \overline{\Sigma \delta\rho_1^2 \delta v_1^2} + \Sigma\Sigma \delta\rho_1 \delta v_1 \delta\rho_2 \delta v_2,$$

$\delta\rho_1$ étant la fluctuation de la densité ρ_1 dans δv_1. On sait que $\overline{(\delta\rho_1/\rho_1)^2} = RT\beta/N\delta v_1$, que Ornstein et Zernike (³) ont donné un calcul général des corrélations, et que près du point critique (où β est infini) j'ai donné une correction plus importante (⁴) venant du fait de l'action des forces capillaires entre les éléments δv_i.

Mais la composante centrale du triplet correspond à des variations *lentes* de la densité (ondes thermiques) (⁵), et nous pourrons les apprécier facilement en admettant que les corrélations correspondantes auront le temps de s'établir selon le théorème de Boltzmann.

Supposons δv_1 vraiment très petit (une ou deux molécules). Si une molécule crée à la distance r un potentiel $\varphi(r)$ *corrigé de l'action du reste du fluide*, $\delta\rho_1 \delta v_1/m$ molécules de plus dans δv_1 porteront dans δv_2 à la distance r la densité ρ_2 à la valeur d'équilibre

$$\rho_2 = \rho \exp.\left(-\frac{\delta\rho_1 \delta v_1}{m} \frac{\varphi(r)}{KT}\right), \qquad \text{d'où} \qquad \delta\rho_2 = -\rho \frac{\delta\rho_1 \delta v_1}{m} \frac{\varphi(r)}{KT},$$

écart de densité que nous supposerons réalisé en moyenne dans δv_2.

L'ensemble des volumes δv^2 donne alors

$$\Sigma(\delta\rho_1 \delta v_1)(\delta\rho_2 \delta v_2) = -(\delta\rho_1 \delta v_1)^2 \frac{\rho}{m} \int \frac{\varphi(r) 4\pi r^2 \, dr^2}{KT}.$$

La difficulté réside dans l'évaluation de $\varphi(r)$ et dans le calcul de l'intégrale.

Soit σ le diamètre d'une molécule, V_m le volume minimum du fluide infiniment comprimé, v son volume actuel. Une molécule 2 qui se promène entre ses deux voisins, 1 et 3, voit sa distance à 1 osciller en moyenne entre σ et $\sigma[2(v/v_m)^{1/3} - 1]$. expression acceptable dans un liquide : ce seront les deux limites de notre intégrale, nous négligerons les interactions plus lointaines.

(³) *Phys. Zeit.*, 27, 1926, p. 761.

(⁴) *Journal de Physique*, 4, 1933, p. 165,

(⁵) Gross, *Acta Physico Chimica U. R. S. S.*, 20, 1945, p. 459.

D'autre part, nous exprimerons que le potentiel $\varphi(r)$ efficace pour rapprocher deux molécules est nul quand la distance moyenne de deux voisins est réalisée, et nous admettrons pour la force une loi en $1/r^7$, force de London.

Sous ces hypothèses, une représentation empirique acceptable est

$$(1) \qquad \varphi(r) = -\frac{\sigma^6}{r^6}\frac{a}{2bN}\left[1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\left(\frac{b}{v}\right)^{\frac{1}{3}}\right]^2,$$

b étant le covolume et a la constante bien connue de Van der Vaals (pression interne). On peut terminer le calcul, on trouve alors *le facteur χ par lequel il faut multiplier le rapport* R *de Lord Rayleigh pour tenir compte des corrélations de fluctuations lentes de densité*

$$(2) \qquad \chi = 1 + \frac{a}{RTv}\left[1 - \frac{\dfrac{b}{2,83v}}{\left[2 - \dfrac{1}{\sqrt{2}}\left(\dfrac{b}{v}\right)^{\frac{1}{3}}\right]^3}\right]\left[1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\left(\frac{b}{v}\right)^{\frac{1}{3}}\right]^2.$$

Numériquement, pour le benzène à 10° C, et avec une bonne discussion de l'équation d'état pour a et b, on trouve un facteur $\chi = 1,16$, qui est bien de l'ordre de grandeur demandé.

Naturellement, il ne faut pas trop s'attacher à la forme (1), mais nous montrons ([6]) par ailleurs que notre potentiel (1) pour $\varphi(r)$ conduit aussi à une amélioration considérable de l'équation d'état des fluides. De bonnes vérifications numériques prennent alors plus de signification.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de l'adsorption des gaz sur l'évolution des lames minces.* Note (*) de M. **Marcel Perrot** et Mlle **Suzanne Arcaix**, présentée par M. Jean Cabannes.

On sait que les lames d'argent, préparées par vaporisation thermique, sont pratiquement isolantes au début de leur préparation ([1]). Leur résistance sous vide prend ensuite une valeur mesurable, qui après la fin de la projection, passe par un minimum, puis tend vers une limite d'autant plus élevée que l'épaisseur est faible. Pendant ce *vieillissement spontané* sous le vide, les facteurs de réflexion varient beaucoup dans les premières minutes, puis se fixent à leur valeur limite plus ou moins rapidement selon que la lame est plus ou moins mince. Les lames lacunaires d'argent dont le *vieillissement spontané* est terminé

([6]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1061.

(*) Séance du 7 novembre 1949.

([1]) M. Perrot, *XIXe colloque international sur les propriétés des lames minces solides*, Marseille, 19 avril 1949; *Archives originales du C. N. R. S.*, 1949, p. 299.

subissent une variation réversible des facteurs de réflexion lorsqu'elles sont alternativement placées sous le vide et dans l'air [2]. Dans les mêmes conditions, les lames continues présentent une variation réversible de résistance.

La présente Note complète et précise les résultats précédents dans le cas de lames minces d'argent dont l'épaisseur est comprise dans la *zone de transition* séparant les lames lacunaires des lames continues.

Tableau A.

Temps (mn).	R_1 méghons.	R_2 méghoms.
4	0,105	0,70
18	0,085	3,07
62	0,098	14,1
250	–	120

On a préparé deux lames d'épaisseurs voisines ① et ② par un procédé déjà décrit [1], [3]. On a mesuré simultanément sous une pression inférieure

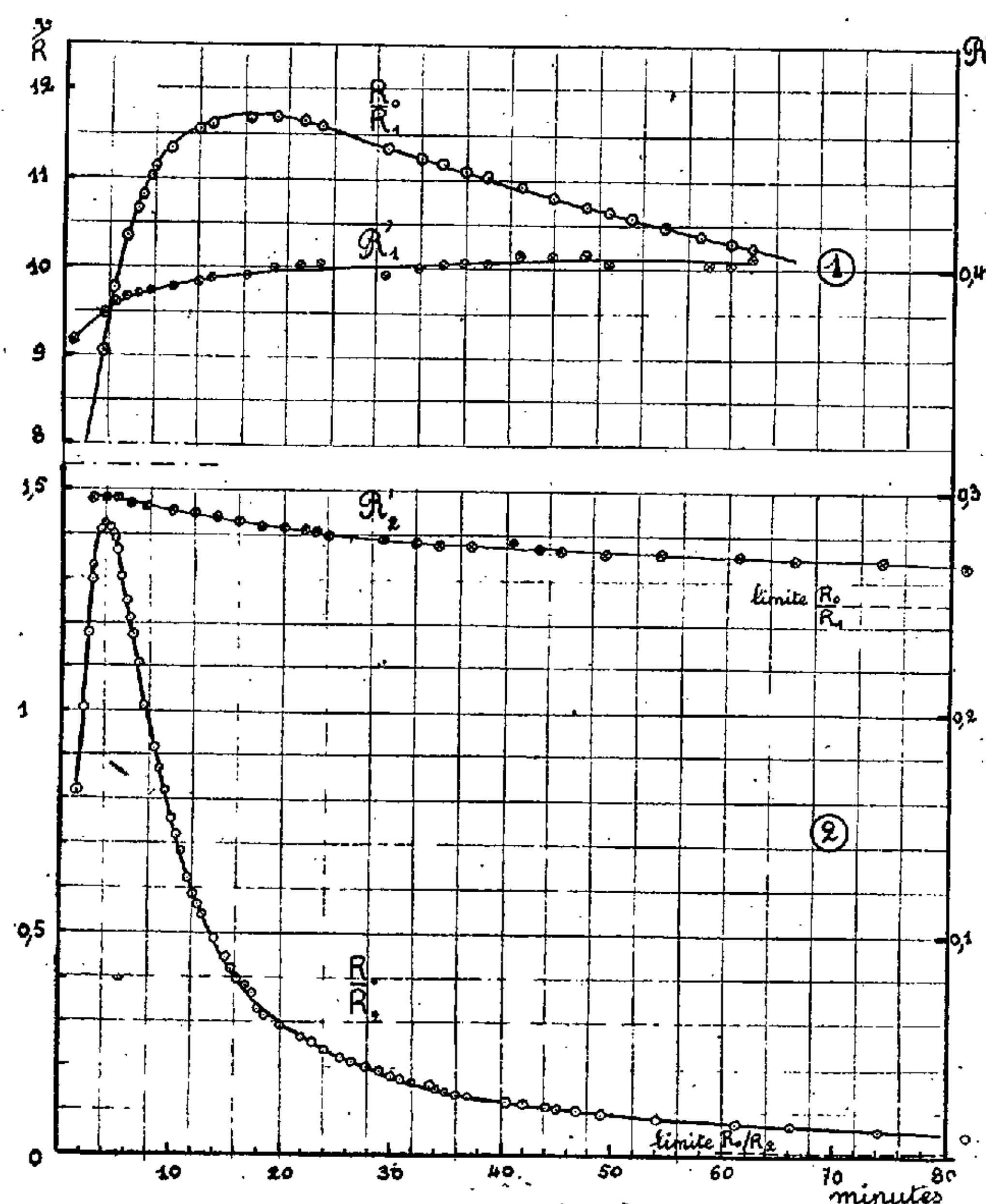


Fig. 1.

à 10^{-5} mm de mercure, les variations des facteurs de réflexion $\mathcal{R}'$ (côté verre) pour la longueur d'onde 5461 Å, et celles de la résistance R. La figure 1

(2) M. Perrot, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1629.
(3) M. Perrot, *Revue d'Optique*, 28, 1949, p. 564.

représente à la fois les variations des facteurs de réflexion $\mathcal{R}'$ et celles de R_0/R ($R_0 = 1$ méghom, résistance fixe de comparaison) au cours du *vieillissement spontané* sous le vide. Le tableau A donne quelques valeurs remarquables des résistances R_1 et R_2 des lames, en fonction du temps, mesurées après la fin de la projection. Pour les deux lames les variations de $\mathcal{R}'$ sont faibles et comparables; les variations de R_0/R sont au contraire considérables et très

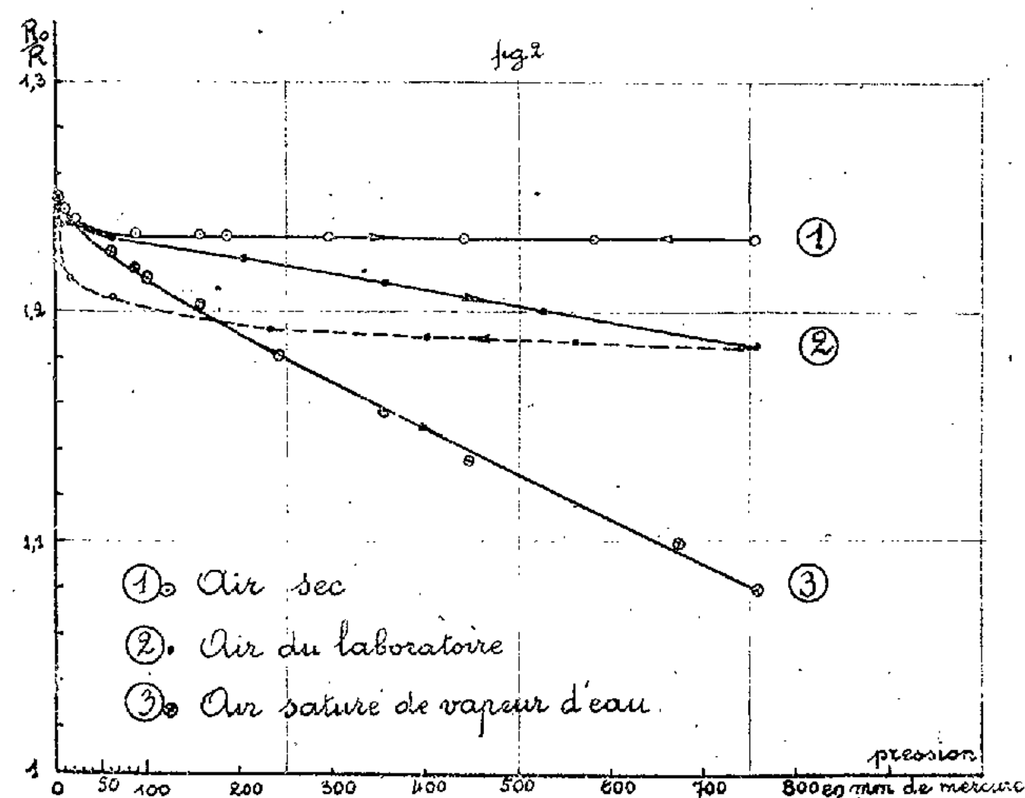


Fig. 2.

différentes d'une lame à l'autre (comparer en particulier les maxima de R_0/R). On admet généralement que le *vieillissement spontané* sous le vide est dû à un réarrangement cristallin, à la surface du verre, après la projection. Il paraît alors difficile de comprendre la présence d'un minimum dans les variations de la résistance. Ce minimum pourrait s'expliquer ([4]) si l'on admet, en outre, l'influence d'une adsorption sous une pression inférieure à 10^{-5} mm de mercure.

Nous avons ensuite étudié les variations de R_0/R quand on fait varier réversiblement la pression des gaz. Au bout d'une heure d'évolution, sous le vide, la résistance R_1 est encore loin de sa valeur limite. La lame ayant ensuite évolué, pendant 15 jours, sous la pression atmosphérique, toute variation réversible de pression entraîne alors une *variation réversible* de résistance en ce sens que l'on atteint toujours les mêmes valeurs limites. Les courbes 1, 2, 3 de la figure 2 donnent la variation de R_0/R_1 pour une variation réversible de la pression comprise entre 10^{-5} et 760^{mm} de mercure et de sens indiqué par les flèches. Les gaz respectivement admis dans l'appa-

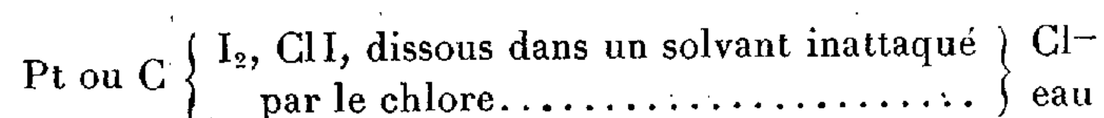
([4]) A. Aron, *Ann. de Physique*, **1**, 1946, p. 361.

reil sont : l'air sec, l'air du laboratoire ou l'air saturé de vapeur d'eau. On notera le rôle important de la vapeur d'eau dans l'évolution de la résistance.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur une nouvelle électrode réversible à chlore.* Note (*) de M. **Abdelhak Sator**, présentée par M. Paul Pascal.

Une électrode réversible à chlore a été réalisée qui utilise les propriétés suivantes de l'iode : être très soluble dans un grand nombre de solvants organiques, très peu soluble dans l'eau et former avec le chlore deux composés ClI et Cl_3I.

Cette électrode, représentée par le schéma suivant :

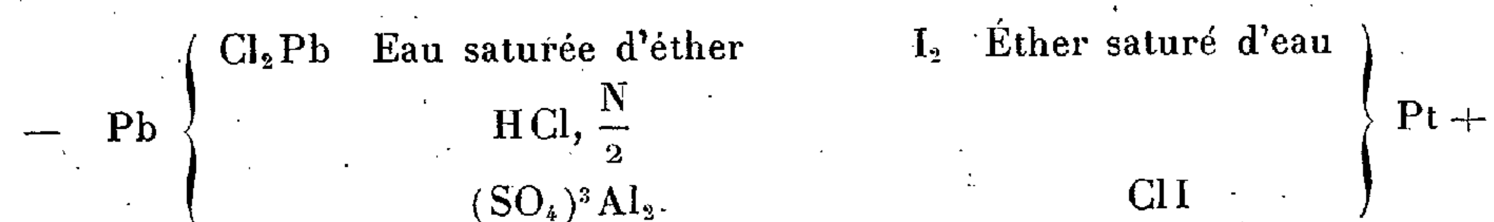


$$\text{Pt ou C} \left\{ \begin{array}{l} I_2,\ \text{ClI, dissous dans un solvant inattaqué} \\ \text{par le chlore} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{array} \right\} \begin{array}{l} Cl^- \\ \text{eau} \end{array}$$

peut fonctionner sans le secours d'un diaphragme en employant un solvant non miscible à l'eau et une solution aqueuse telle que ClI, y soit insoluble.

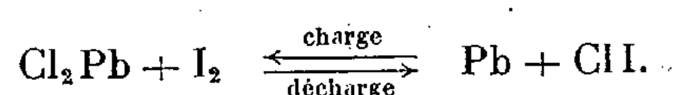
La première condition a été satisfaite en prenant l'éther sulfurique, solvant peu miscible à l'eau, bon solvant et ionisant de I_2 et ClI, et qui dans les conditions où l'on opère (chloruration de I_2 dissous arrêtée à la formation de ClI) n'est attaqué que très lentement par le chlore. La seconde condition a été réalisée en employant une solution aqueuse d'acide chlorhydrique et de sulfate d'aluminium; I_2 et ClI y sont peu solubles et l'hydrolyse de ClI à la surface de contact éther-eau est faible. Lors du passage du courant, seuls les ions H^+ et Cl^- (qui ont des potentiels de décharge plus petits) participent à l'électrolyse.

L'électrode à chlore ainsi formée a été associée à une électrode classique en plomb et la pile réversible suivante a été étudiée :



$$- \ \text{Pb} \left\{ \begin{array}{lll} Cl_2Pb & \text{Eau saturée d'éther} & I_2 \ \text{Éther saturé d'eau} \\ & HCl, \frac{N}{2} & \\ & (SO_4)^3Al_2. & \qquad ClI \end{array} \right\} \text{Pt} +$$

Son fonctionnement peut être représenté par la formule de réaction



$$Cl_2Pb + I_2 \underset{\text{décharge}}{\overset{\text{charge}}{\rightleftarrows}} Pb + ClI.$$

La composition globale de la solution aqueuse ne change pas. On n'observe aucun dégagement gazeux.

Pendant la charge les ions H^+ réduisent sur la cathode le chlorure de plomb

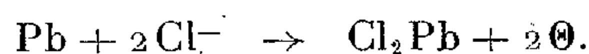


$$Cl_2Pb + 2H^+ + 2\Theta \rightarrow 2ClH + Pb.$$

(*) Séance du 21 novembre 1949.

Dans l'éther les ions Cl^- se déchargent sur l'électrode de platine et oxydent l'iode dissous $I_2 + 2Cl^- \rightarrow 2ClI + 2\Theta$.

La solution éthérée brune et opaque à l'origine devient rose et transparente en fin de charge, lorsque tout l'iode est oxydé. Pendant la décharge les ions Cl^- vont vers le plomb; ils s'y déchargent et se combinent



$$Pb + 2Cl^- \rightarrow Cl_2Pb + 2\Theta.$$

Dans l'éther ce sont les ions I^+ qui se déchargent sur le platine et donnent de l'iode en solution dans l'éther $2I^+ + 2\Theta \rightarrow I_2$. Si les ions I^+ sont rares, les ions H^+ sont déchargés et réduisent ClI. En fin de décharge la solution éthérée est redevenue brune et opaque.

La faible densité de l'éther permet un montage simple : la solution éthérée est versée sur la solution aqueuse, les deux électrodes métalliques sont horizontales et placées le plus près possible de la surface de séparation éther-eau. L'élément est clos afin d'éviter l'évaporation de l'éther. Dans la pile réversible étudiée ci-après, la distance des électrodes était de 1^{cm}, leur surface de 10^{cm^2}; 1^g d'iode avait été dissous dans les 10^{cm^3} d'éther employés.

La force électromotrice de l'élément varie de 1,40 V (élément chargé) à 1,18 V (élément déchargé) à 0,04 V près.

La différence de potentiel aux bornes d'une résistance de 11 Ω, mesurée au cours d'une décharge qui dure 150 minutes, diminue régulièrement de 0,67 V à 0,58 V (l'intensité moyenne pendant la décharge est de 0,062 A). La quantité d'électricité débitée est donc ici d'environ 560 C pour 1^g d'iode (1). La résistance intérieure peut être abaissée jusque vers 7 Ω en plongeant l'électrode de platine en partie dans l'eau pendant la décharge sans que rien ne soit changé par ailleurs.

Par suite de la décomposition lente de ClI, l'élément perd environ 1/5 de sa capacité en 8 jours. Après plusieurs charges et décharges un léger trouble rouge apparaît au contact du plomb : ce trouble disparaît si l'on charge l'élément en plongeant pendant quelques minutes l'électrode de platine en partie dans la solution aqueuse. Celle-ci se sature en chlore et l'iode moléculaire qui la troublait est oxydé.

La charge de la solution éthérée (transformation de l'iode dissous dans l'éther en chlorure d'iode) peut s'effectuer chimiquement en quelques minutes en y faisant barboter du chlore.

Nous espérons pouvoir trouver un solvant ne présentant pas les inconvénients de l'éther sulfurique, où ClI sera plus stable et diminuer davantage encore la solubilité de l'iode et son chlorure dans la solution aqueuse.

---

(1) Dans un accumulateur au plomb, 1^g de plomb dans les conditions normales d'utilisation n'aurait fourni que 280 C environ.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques complexes des anhydrides sulfuriques et azotiques*. Note (*) de MM. **Maurice Dodé** et **Roger Pascard**, transmise par M. Frédéric Joliot.

On sait que l'anhydride sulfurique, l'anhydride azotique et l'eau peuvent se combiner pour donner des composés bien cristallisés, stables et fondant à température relativement élevée. On a signalé jusqu'ici l'existence des combinaisons $4SO_3$, N_2O_5, $3H_2O$ [1]; $4SO_3$, N_2O_5 [2]; $4SO_3$, N_2O_5, H_2O [3]; $10SO_3$, N_2O_5, $9H_2O$ [4]; $5SO_3$, $2N_2O_5$, $2H_2O$ [5], mais on ne sait à peu à peu près rien de leurs propriétés physiques ou chimiques ni de leur constitution.

Nous avons cherché à définir avec rigueur les composés qui prennent naissance dans les mélanges sulfonitriques de la portion du diagramme ternaire voisine des acides sulfurique et pyrosulfurique.

Jusqu'à présent, les divers auteurs préparaient les mélanges sulfonitriques par addition d'acide azotique à des oléums de diverses concentrations, en opérant généralement à l'air et sans précautions spéciales. Outre qu'il y a fixation d'eau atmosphérique, la forte exthermicité de la réaction entraîne la formation de vapeurs nitreuses et une perte non négligeable d'anhydride sulfurique, ce qui rend l'analyse indispensable. Or, on n'a pas encore de méthode satisfaisante pour faire l'analyse des mélanges sulfonitriques; l'eau est toujours obtenue par différence, et son poids moléculaire étant faible vis-à-vis de SO_3 et de N_2O_5, on obtient pour les propositions moléculaires en eau des valeurs tout à fait imprécises.

Il nous a paru préférable de réaliser le mélange dans des conditions telles qu'il ne s'accompagne d'aucune altération des produits initiaux ni de fixation d'eau; cela est facile en mettant à profit la volatilité des divers constituants. Le SO_3, le NO_3H et le H_2O sont conservés en quantités exactement connues dans des ampoules scellées effilées à une extrémité. Pour obtenir un mélange sulfonitrique, on distille successivement le contenu de trois ampoules convenablement associées, dans un tube mélangeur refroidi dans l'air liquide. L'opération s'effectue dans un appareil clos et vide d'air. On scelle ensuite le tube et on l'immerge dans un mélange CO_2-acétone à environ — 30°. On laisse alors le contenu du vase se réchauffer très lentement jusqu'à la température ambiante. Les tubes ainsi obtenus contiennent de 5 à 8^g de produit.

(*) Séance du 21 novembre 1949.

(1) *Pog. Ann.*, **123**, 1864, p. 333.

(2) Pictet et Karl, *Comptes rendus*, **145**, 1907, p. 238.

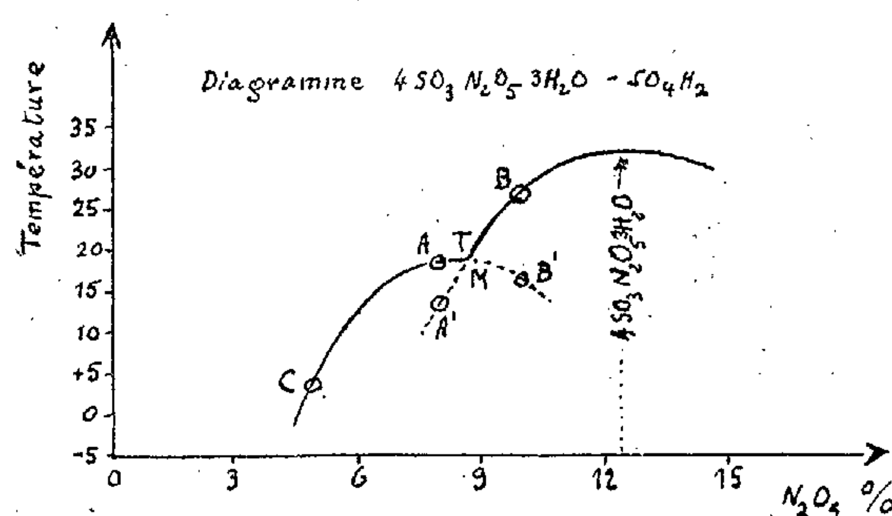
(3) *United States Patent*, 1912, n° 1.047.567.

(4) *Trans. Amer. Inst. Chem. Eng.*, **27**, 1925, p. 35.

(5) M. Dodé, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 153-155.

On décèle et l'on identifie les composés définis par l'étude du diagramme de fusion. Les tubes scellés sont agités dans un bain thermostatique et l'on détermine la température de fusion en observant la disparition du dernier cristal. On élève la température du bain très lentement, afin de ne pas dépasser le point de fusion. Cette méthode est particulièrement indiquée car les mélanges étudiés sont extrêmement visqueux et les équilibres s'atteignent très lentement.

Lorsqu'on a obtenu une température de fusion, il faut encore vérifier qu'il s'agit bien d'une température d'équilibre stable. Il arrive en effet fréquemment que l'on obtienne des équilibres métastables. Certains mélanges, par exemple, présentent deux points de fusion (A, A' — B, B'), l'un correspondant à la variété stable, l'autre à la variété métastable. Ce fait montre bien l'importance des surfusions que peuvent présenter les mélanges sulfonitriques.



Le diagramme ainsi obtenu nous a permis de retrouver le composé $4SO_3N_2O_5H_2O$, déjà signalé par Schultz [3] et d'apporter une preuve formelle de l'existence du complexe $4SO_3N_2O_53H_2O$ qui n'avait jamais été préparé depuis Weber [1]. Le mélange de composition moléculaire SO_3, 50; N_2O_5, 12,5; H_2O, 37,5 est bien un maximum absolu du diagramme ternaire, situé à 32°. Ce maximum est d'ailleurs très arrondi, indice d'une dissociation importante au voisinage du point de fusion. Les diagrammes binaires suivants : $S_2O_7H_2 — NO_3H$; $SO_3 — 4SO_3N_2O_53H_2O$; $4SO_3N_2O_5H_2O — H_2O$ et $SO_4H_2 — 4SO_3N_2O_53H_2O$ confirment tous cette valeur de 32° et permettent de tracer avec précision les isothermes de fusion dans la région entourant ce maximum.

De plus, le diagramme binaire $SO_4H_2 — 4SO_3N_2O_53H_2O$ fait apparaître un fait nouveau : Il présente un point de transition très marqué T, voisin du maximum extrapolé M de la courbe de dépôt du composé dissociable avant fusion, extrapolation facilitée ici par le fait que l'on peut obtenir des points de fusion sur les branches métastables. On obtient ainsi pour le maximum M une température de 19°. Or, des mélanges de composition voisine fondent tous à des températures inférieures. On est donc en présence d'un composé défini de formule $11\,SO_3\,2N_2O_5\,9H_2O$, qui se dissocie avant fusion à 18°8.

Une combinaison de formule $10\,SO_3N_2O_5\,9H_2O$ a été signalée par Carpenter et Lehrman ([4]). Une telle composition se situe précisément sur la ligne que nous venons d'étudier, en un point indiqué par C sur la figure. Mais l'examen de ce diagramme montre immédiatement que ce composé n'existe pas; la courbe de fusion ne présente aucune singularité en ce point et, de plus, le mélange qui a cette composition n'est manifestement pas un corps pur car il est formé de deux phases, solide et liquide, à peu près d'égale importance à 0°.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude au microscope électronique du vieillissement des alliages aluminium-magnésium-silicium.* Note de MM. **Raymond Castaing** et **André Guinier**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Nous avons appliqué à l'alliage Al-Mg-Si les méthodes de micrographie électronique précédemment employées dans l'étude du vieillissement de l'alliage Al-Cu ([1]) ([2]). L'étude aux rayons X de cet alliage a montré que le processus de vieillissement était caractérisé, d'abord par des irrégularités de structure unidimensionnelles, puis par des précipités en *épitaxie linéaire* sur le réseau de la matrice. Le microscope électronique nous a montré que ce caractère linéaire se retrouve dans la forme des zones hétérogènes, puis des précipités qui se présentent sous forme de fines aiguilles parallèles aux axes $[100]_{Al}$. Leur observation a été rendue possible par la vue *en profondeur* que permet la micrographie électronique. Analysons, en effet, le mécanisme de l'empreinte d'oxyde sur un échantillon contenant des précipités en forme d'aiguilles orientées, que le polissage électrolytique dissout et remplace par des cavités cylindriques légèrement évasées à la surface. Si le diamètre des précipités est petit devant l'épaisseur de la couche d'alumine, qui est de 200 à 300 Å, les cavités subsistent dans l'empreinte et apparaîtront sous forme de lignes blanches de longueur $e \times \cot g\alpha$, α étant l'angle qu'elles font avec la surface (*fig.* 1). Pour des précipités épais, au contraire, les parois de la cavité sont tapissées par la couche d'oxyde et le sac d'alumine obtenu (*fig.* 2) reproduit dans l'espace la forme du précipité, comme on peut s'en assurer par ombrage ou stéréoscopie.

Nous distinguerons trois stades principaux dans le vieillissement :

1° *Vieillissement à température inférieure à 200°.* — Les rayons X montrent la présence dans le réseau de la matrice de files se rassemblant progressivement en faisceaux plus ou moins ordonnés de faible épaisseur. Ces faisceaux, déjà très nettement visibles après vieillissement de quelques jours à 150°, appa-

([1]) R. Castaing, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1341-1343.

([2]) R. Castaing et A. Guinier, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 2033-2035.

raissent sur les micrographies électroniques sous forme de filaments longs et déliés (*fig.* 1) pour un alliage à faible concentration, et relativement gros et courts pour un alliage à 1,2 % Mg_2Si. Ceci semble indiquer une nette différence de comportement, aux premiers stades du vieillissement, pour des alliages de concentrations différentes.

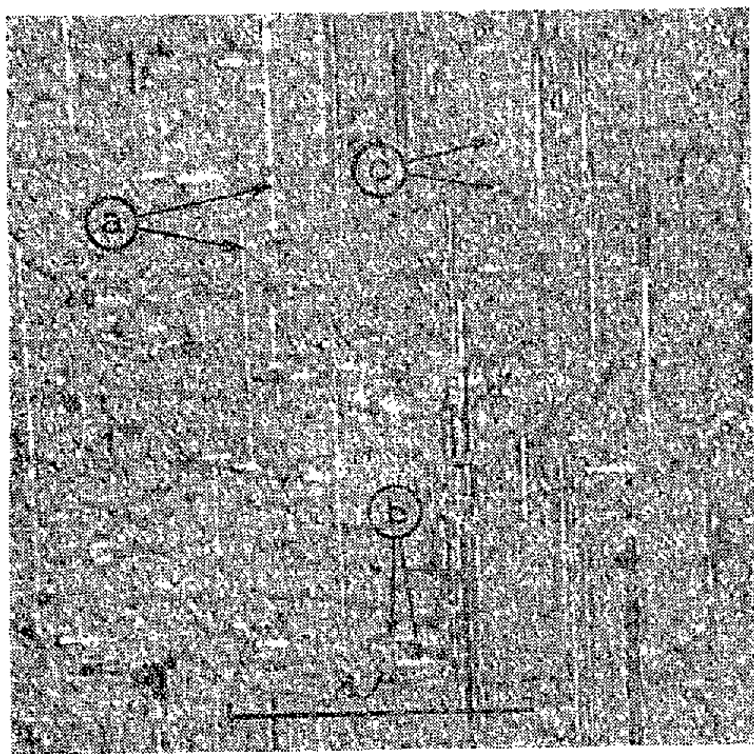


Fig. 1.

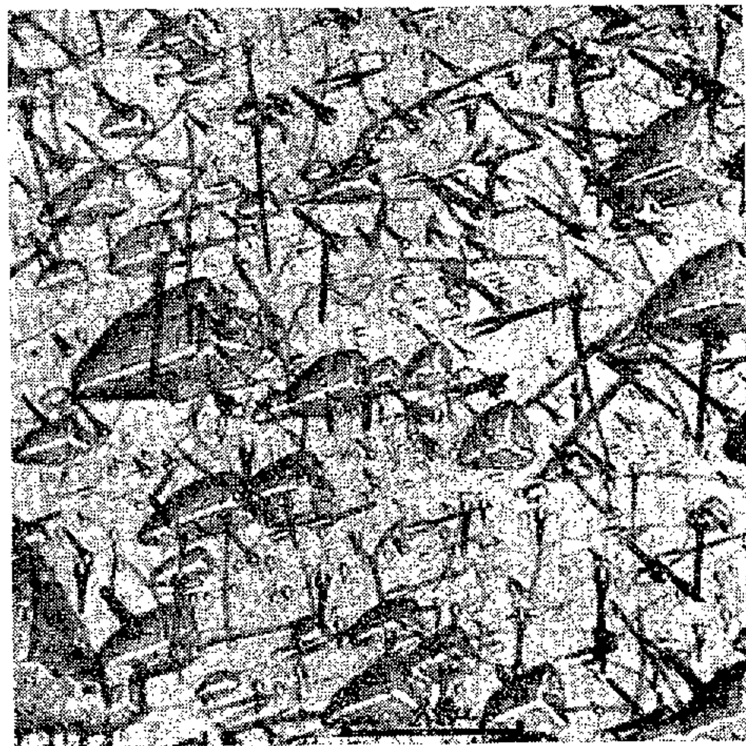


Fig. 2.

Fig. 1. — Al-Mg 0,5 %-Si 0,48 % vieilli 40 heures à 200°. G = 24000. Un axe cubique (*a*) est dans le plan de la surface. Le second (*b*) fait avec la surface un angle de 10°. Le troisième (*c*) lui est sensiblement perpendiculaire.

Fig. 2. — Al-Mg 0,78 %-Si 0,5 % vieilli 16 heures à 250°. G = 14000. Les figures de corrosion (attaque de 0,2 seconde au réactif de Lacombe) révèlent la direction des axes [100].

2° *Vieillissement à température comprise entre* 200 *et* 250°. — Un précipité Mg_2Si en *épitaxie linéaire* sur la matrice, un axe $[110]_{Mg_2Si}$ étant parallèle à un axe $[100]_{Al}$, apparaît sur les diagrammes de rayons X. Les micrographies électroniques révèlent la forme de ce précipité, qui est constitué de fines aiguilles parallèles aux arêtes du cube du cristal d'aluminium (*fig.* 2).

3° *Vieillissement à température élevée.* — Parmi les orientations précédemment définies pour le précipité, celle qui correspond à des cristaux de Mg_2Si ayant un plan (110) parallèle à un plan $(100)_{Al}$ donne naissance sur le diagramme de rayons X à des taches particulièrement intenses. Les micrographies électroniques permettent l'interprétation de ce fait : le précipité est formé en partie de grosses aiguilles parallèles aux axes $[100]_{Al}$, et en partie de plaquettes allongées, parallèles aux plans $(100)_{Al}$. Ces plaquettes proviennent du développement suivant une seconde direction $[100]_{Al}$ des aiguilles de précipité dont le réseau présente l'orientation convenable.

Cette étude a donc confirmé le caractère linéaire des perturbations de

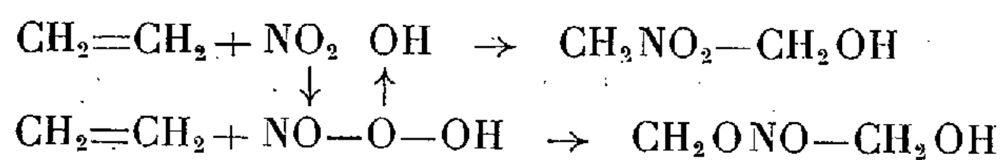
structure dans le stade initial du vieillissement de l'alliage Al-Mg-Si. Elle nous a montré que le microscope électronique pouvait mettre en évidence des zones d'hétérogénéité *n'ayant pas de structure cristalline définie*, dans un stade bien antérieur à la formation du précipité proprement dit. Elle nous permet enfin d'affirmer que les aiguilles de précipité se forment *directement* à partir des zones allongées caractérisant les premiers stades du vieillissement, de même que, pour l'alliage Al-Cu, le vieillissement *débute* par des zones planes d'hétérogénéité à partir desquelles se forment les plaquettes de précipité.

On n'observe donc, ni dans l'alliage Al-Cu, ni dans l'alliage Al-Mg-Si, ce passage de la forme linéaire à la forme plane sur lequel s'appuient Geisler et Miss Hill ([3]) dans leur théorie de la précipitation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode de synthèse de l'alcool β-nitroéthylique*. Note ([*]) de M. **Georges Darzens**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'alcool β-nitroéthylique a été entrevu en 1869 par Kekule ([1]) en faisant réagir l'acide nitrique sur l'éthylène. Par la suite, Demulh et V. Meyer, puis Henry l'ont préparé en faisant réagir du nitrite d'argent sur la monoiodhydrine du glycol ([2]).

Wieland et Sokellartos, en 1920, reprenant l'action de l'acide nitrique sur l'éthylène ont montré que dans cette réaction il se forme un mélange de deux parties de l'ester nitrique du glycol et d'une partie de l'ester nitrique de l'alcool éthylique ([3])



$$CH_2{=}CH_2 + NO_2\ OH \rightarrow CH_2NO_2{-}CH_2OH$$
$$\downarrow\ \uparrow$$
$$CH_2{=}CH_2 + NO{-}O{-}OH \rightarrow CH_2ONO{-}CH_2OH$$

les alcools ainsi formés étant ensuite estérifiés par un excès d'acide nitrique.

Par distillation fractionnée dans le vide, ces auteurs sont parvenus à obtenir le nitrate du nitroéthylalcool à l'état pur et, par sa saponification, l'alcool lui-même.

L'alcool nitroéthylique présente aujourd'hui un certain intérêt technique car, comme Henry l'a montré, il permet de préparer par l'action du formol en présence d'une base organique (diéthylamine ou pipéridine) la nitroisobutyl-

---

([3]) A. H. Geisler et Miss J. K. Hill, *Acta Cryst.*, 5e série, 1, 1948, p. 238-252.

([*]) Séance du 21 novembre 1949.

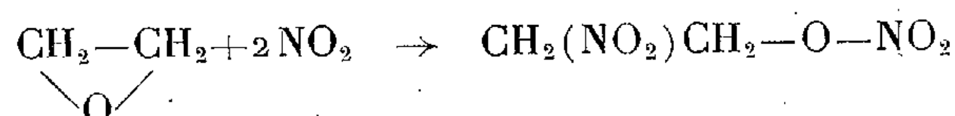
([1]) *Ber. der Chem. Ges.*, 2, 1869, p. 392.

([2]) Demuth et V. Meyer, *Ann. der Chem.*, 236, 1890, p. 28; Henry, *Ber. der Chem. Ges.*, 16, 1897, p. 257; 18, 1899, p. 255.

([3]) Wieland et Sokellartos, *Ber. der Chem. Ges.*, 53, 1920, p. 201.

glycérine $NO_2C(CH_2-OH)^3$ dont l'ester nitrique est un explosif puissant pouvant remplacer la nitroglycérine. Or, aucun des procédés sus-mentionnés n'est susceptible d'amener à une préparation économique de l'alcool en cause, et j'ai été ainsi amené à en rechercher un nouveau procédé pratique.

J'ai alors pensé qu'on pourrait accéder facilement à l'alcool β-nitroéthylique en faisant simplement réagir le peroxyde d'azote NO_2 sur l'oxyde d'éthylène conformément à l'équation :



$$\underset{\diagdown O \diagup}{CH_2-CH_2}+2NO_2 \rightarrow CH_2(NO_2)CH_2-O-NO_2$$

réaction donnant l'ester nitrique de cet alcool qu'il suffit ensuite de saponifier. L'expérience a confirmé cette suggestion, et il en résulte un nouveau procédé de préparation aussi simple qu'économique.

L'oxyde d'éthylène est, en effet, aujourd'hui un produit technique de fabrication courante, quant au peroxyde d'azote il est également produit industriellement par la combustion directe de l'ammoniac en vue de la fabrication de l'acide nitrique synthétique.

Afin d'éviter tout accident, j'ai réalisé cette préparation en présence de chloroforme comme solvant et en opérant de la manière suivante :

Dans un ballon refroidi par de la glace, on prépare un mélange de 92^g de peroxyde d'azote (2 mol.) et de 1000^g de chloroforme.

Lorsque ce mélange est à 0° on y écoule lentement un mélange de 50^g d'oxyde d'éthylène (théorie 44^g) et de 250^g de chloroforme également refroidi préalablement à 0°. On observe un léger dégagement de chaleur et la solution de peroxyde, de couleur orangée, fonce de teinte en virant au vert, par suite, sans doute, de formation d'un produit d'addition intermédiaire; le mélange abandonné ensuite à la température ordinaire pendant 12 à 15 heures ne tarde pas à se décolorer pour prendre une teinte jaune citron.

On distille ensuite le chloroforme au vide et au bain-marie tiède que l'on porte vers la fin à 50°. Il reste environ 135^g d'une huile jaune présentant une forte odeur comparable à celle de la résine de pins, c'est-à-dire sensiblement la théorie. L'ester nitrique ainsi obtenu peut être distillé au vide sans danger à la condition d'éviter toute surchauffe en chauffant le ballon par bain d'huile. Il distille à 120°-122° sous 17^{mm} en un liquide incolore légèrement toxique comme la nitroglycérine en déterminant des maux de tête.

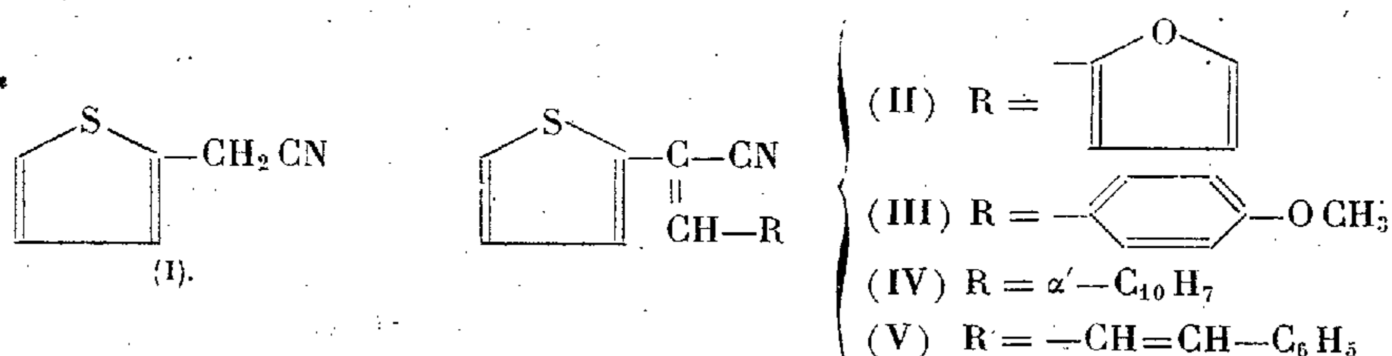
Mais il est préférable de le saponifier directement par l'action d'une solution de carbonate de soude à 10 % employée en léger excès et à une température à 35-45° avec bonne agitation, l'alcool nitroéthylique étant soluble dans l'eau, l'huile ne tarde pas à entrer en solution, et lorsque le mélange est devenu homogène on l'épuise à l'éther après l'avoir saturé par une quantité suffisante de chlorure de sodium, l'alcool β-nitroéthylique ainsi obtenu est un liquide

incolore et sans odeur, distillant à 103-104° sous 12^mm et à 195° à la pression normale.

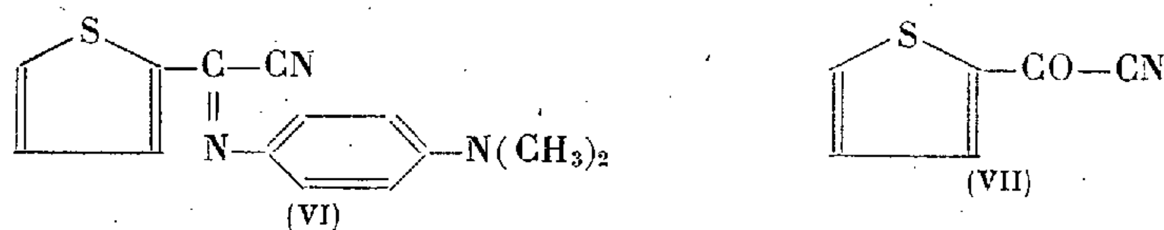
Je me propose de généraliser cette réaction à d'autres époxydes, ainsi qu'aux esters glycidiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de la réactivité de l'α-thiényl-acétonitrile.* Note (*) de M. **Paul Cagniant** et Mme **Paul Cagniant**, présentée par M. Marcel Delépine.

Comme le phénylacétonitrile, l'α-thiénylacétonitrile ([1]) se condense très rapidement avec les arylaldéhydes, en présence d'une trace de potasse alcoolique, pour donner les dérivés arylidéniques correspondants. Avec le furfurol nous avons obtenu l'α'-furfurylidène-α-thiénylacétonitrile (II); avec



l'anisaldéhyde, le *p*-anisylidène-α-thiénylacétonitrile (III); avec l'aldéhyde α-naphtoïque, l'α'-naphtylidène-α-thiénylacétonitrile (IV); avec l'aldéhyde cinnamique, le cinnamylidène-α-thiénylacétonitrile (V). Avec la *p*-nitroso-N-diméthylaniline, (I) donne très facilement la réaction de Erhlich-Sachs ([2]). L'azométhine (VI) ainsi obtenue s'hydrolyse très rapidement, sous l'action de l'acide sulfurique dilué et à 60°, pour donner le cyanure d'α-thénoyle (VII). Ce composé est identique au cyanure d'α-thénoyle obtenu par Steinkopf ([3]) à partir de l'α-acétothiénone, ce qui confirme la structure du nitrile (I) de départ.



(I) se condense avec un excellent rendement avec l'oxalate d'éthyle, en présence d'éthylate de sodium dans l'alcool absolu, pour donner l'ester éthylique

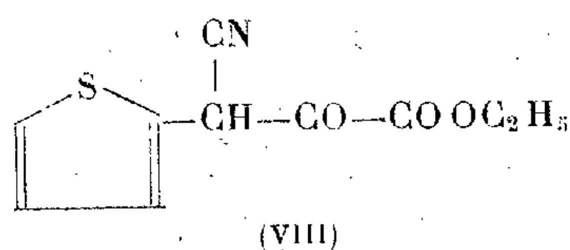
(*) Séance du 21 novembre 1949.

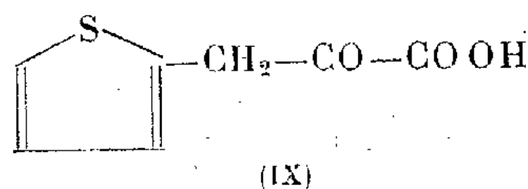
([1]) P. Cagniant, *Bull. Soc. Chim.*, 1949 (sous presse).

([2]) *Ber. deutsch. chem. Ges.*, **32**, 1899, p. 2341.

([3]) *Liebig's Annalen*, **540**, 1939, p. 14.

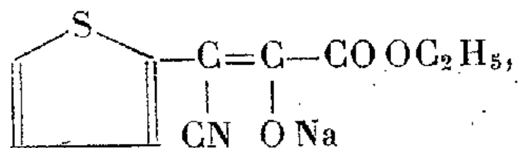
de l'acide α-thiénylpyruvique α'-cyané (VIII).





L'action de l'acide sulfurique à froid sur l'ester (VIII) ne nous conduit qu'à des résines. Notons que l'isologue benzénique de (VIII) (ester éthylique de l'acide phénylpyruvique α-cyané), traité dans les mêmes conditions, conduit bien, par saponification et décarboxylation, à l'acide phénylpyruvique ([4]). Nous avons ici un nouvel exemple de la fragilité du noyau thiophénique vis-à-vis des réactifs acides et des agents de condensation. Pour accéder à l'acide α-thiénylpyruvique (IX), nous avons traité l'ester (VIII) à l'ébullition par l'acide chlorhydrique en milieu acétique. Nous n'avons pu réaliser la condensation de l'ester (VIII) avec le benzaldéhyde dans les conditions employées avec succès en série benzénique.

Description des corps obtenus. — (II) $C_{11}H_7ONS$, (N % trouvé 6,83, calculé 6,96) F 79°, aiguilles jaunes (alcool). Avec l'acide sulfurique concentré donne une couleur d'halochromie brun foncé. (III) $C_{14}H_{11}ONS$, (N % trouvé 5,76, calculé 5,80), F 75°, fines aiguilles jaunes, brillantes (alcool). Couleur d'halochromie rouge groseille. (IV) $C_{17}H_{11}NS$ (N % trouvé 5,29, calculé 5,36), F 110°; poudre brun clair (alcool). Couleur d'halochromie violette virant rapidement au vert foncé. (V) $C_{15}H_{11}NS$, (N % calculé 5,90, trouvé 5,81), F 107°, cristaux jaune d'or (alcool). Couleur d'halochromie rouge violacé. (VI) $C_{14}H_{13}N_3S$, (N % trouvé 16,24, calculé 16,47), F 117°, paillettes brunes, brillantes (alcool), colorant la peau en jaune orangé. (VII) C_6H_3ONS, (N % trouvé 10,07, calculé 10,21), F 52°, cristaux jaune foncé (éther de pétrole); [Steinkopf ([3]) indique F 51°,5]. (VIII) $C_{10}H_9O_3NS$ (N % trouvé 6,19, calculé 6,27), F 111°, fines aiguilles jaune pâle (benzène-éther de pétrole). Se dissout dans la soude diluée, le carbonate et le bicarbonate dilués de sodium et est régénéré par acidification ultérieure (formation de l'énolate alcalin,



ce qui permet le dosage acidimétrique : trouvé 221, calculé 223). L'ester (VIII) donne, avec le perchlorure de fer, une intense coloration violet pourpre stable. (IX) $C_7H_6O_3S$ (dosage acidimétrique trouvé 169,9, calculé 170) F_{inst} 245° (déc.), poudre microcristalline jaune pâle (benzène-alcool absolu). Avec le perchlorure de fer donne une coloration violette, intense, semble plus stable à l'air que l'acide phénypyruvique. Nons n'avons pu préparer de semicarbazone de (IX) dans les conditions habituelles. Nous poursuivons ces recherches.

([4]) Bougault, *J. Pharm. et Chim.*, (7), 10, 1914, p. 302.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Influence complexe de l'encombrement stérique sur la basicité des amines aromatiques.* Note de M[lle] **Gisèle Vexlearschi** et M. **Paul Rumpf**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'un de nous a récemment constaté (1) que la N-*tertio*-butylaniline présente une basicité anormalement élevée pour une amine aromatique ($pK_{II} = 7,10$ à 19° dans l'eau pure), alors que la ramification de la chaîne hydrocarbonée n'influe guère sur la constante de dissociation électrolytique des amines primaires aliphatiques.

Cette observation s'explique aisément. On admet que la faiblesse des bases aromatiques résulte de la mésomérie entre l'atome d'azote et le cycle. Il suffit de chercher à se représenter, dans l'espace, la molécule de *t*-butylaniline, pour constater que la mésomérie est gênée, *la condition de coplanéité* ne pouvant absolument pas être satisfaite, contrairement à ce que l'on observe dans le cas de la *n*-butylaniline qui se comporte comme les autres mono-alcoylanilines :

aniline	4,58 (2)		
méthylaniline	4,85 (2)	diméthylaniline	5,06 (2)
éthylaniline	5,11 (2)	diéthylaniline	6,56 (2)
n-propylaniline	5,02 (2)	di-*n*-propylaniline	5,59 (2)
n-butylaniline	4,95 à 30° (*)	di-*n*-butylaniline	4,85 à 20° dans l'alcool à 50 % (3).

(*) Toutes les constantes indiquées sans référence sont le résultat de l'extrapolation, à l'eau pure, des valeurs que nous avons obtenues dans des solutions hydroalcooliques de diverses concentrations [*cf.* (1)].

L'effet est accentué dans le cas de la méthyl *t*-butylaniline : pK_{II} 7,25 à 31°; on sait d'ailleurs que, contrairement aux amines tertiaires aliphatiques, toutes les amines aromatiques N-dialcoylées sont plus basiques que les secondaires correspondantes, ce qui s'explique aisément si l'on tient compte du fait que, même pour le groupement méthyle, l'orientation dans le plan est un peu gênée par la présence des hydrogènes en ortho.

L'empêchement stérique de la mésomérie a déjà été évoqué pour expliquer pourquoi la différence de basicité entre l'*o*-toluidine et ses dérivés diméthylé et diéthylé à l'azote est nettement plus grande qu'entre l'aniline et les dialcoylanilines correspondantes (4).

---

(1) G. Vexlearschi, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1655-1656.

(2) Mesures à 25°. N. F. Hall et M. R. Sprinkle, *J. Amer. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 3469-3485.

(3) W. C. Davies et H. W. Addis, *J. Chem. Soc. Lond.*, 1937, p. 1622. Cette valeur correspond approximativement à 5,7 dans l'eau pure.

(4) *Voir*, entre autres, G. W. Wheland, *The Theory of Resonance*, New-York, 1944.

Voici les valeurs données par Hall et Sprinkle ([2]) :

aniline....................	4,58	*o*-toluidine................	4,39
diméthylaniline............	5,06	diméthyl *o*-toluidine........	5,86
diéthylaniline..............	6,56	diéthyl *o*-toluidine.........	7,18

La *t*-butylaniline est particulièrement intéressante, car elle constitue, à notre connaissance, le premier exemple d'amine secondaire présentant cet effet.

Nous avons constaté aussi que, comme il était prévu, la diméthyl *o*-bromaniline est beaucoup plus basique que l'*o*-bromaniline : 4,30 à 31° au lieu de 2,6 ([5]).

Le cas des benzylanilines est particulièrement complexe (monobenzylaniline 4,05 à 30°; dibenzylaniline 4,17 à 23° dans l'alcool à 50 %, ce qui correspondrait à environ 5,00 dans l'eau pure) : il faut tenir compte de l'effet polaire du groupement benzyle (la benzylamine a un pK_H de 9,34 ([2]), alors que les autres amines primaires aliphatiques ont un pK_H de l'ordre de 10,6).

Par contre, en passant de la *t*-butyl- à la *t*-hexylaniline (α-méthyl α-éthylpropylaniline), nous observons une diminution du pK_H : 6,30 à 30°. Ce fait peut être rapproché de l'observation imprévue de Thomson ([6]) : lorsqu'on introduit dans la molécule de diméthyl *o*-toluidine un deuxième méthyle en ortho (diméthyl *m*-xylidine vicinale), la basicité n'augmente pas autant qu'on pourrait l'espérer. Thomson fait cependant remarquer que, dans ce cas, l'empêchement stérique existe indubitablement, puisqu'il se traduit par une disparition des nombreuses autres manifestations de la mésomérie ([7]). Cet empêchement est également incontestable pour la *t*-hexylaniline, car, tout comme la méthyl *t*-butylaniline, son dérivé méthylé ne peut être nitrosé en para ([8]). Thomson en vient à se demander si l'empêchement de mésomérie agit réellement sur les propriétés électrochimiques. Nous pensons au contraire que cette influence existe dans tous les cas, mais qu'elle est ici partiellement masquée par un effet opposé résultant d'un encombrement excessif qui persiste même en l'absence de coplanéité. Il s'agit, très vraisemblablement, de l'effet de *contrainte stérique* qui a été introduit par Brown ([9]) pour expliquer la diminution de basicité accompagnant l'alcoylation d'une amine secondaire aliphatique (*back strain*), et dont nous avons entrepris l'étude sur des amines aliphatiques particulièrement encombrées.

L'influence de l'encombrement stérique sur la basicité des amines aromatiques

---

([5]) N. F. Hall, *J. Amer. Chem. Soc.*, **52**, 1930, p. 5115-5128.

([6]) G Thomson, *J. Chem. Soc. Lond.*, 1946, p. 1113.

([7]) *Voir* aussi : C. D. Nenitzescu et V. Vântu, *Ber.*, 77 B, 1944, p. 705-709; W. R. Remington, *J. Amer. Chem. Soc.*, **67**, 1945, p. 1838-1842.

([8]) W. J. Hickinbottom, *J. Chem. Soc. Lond.* 1933, p. 946-951.

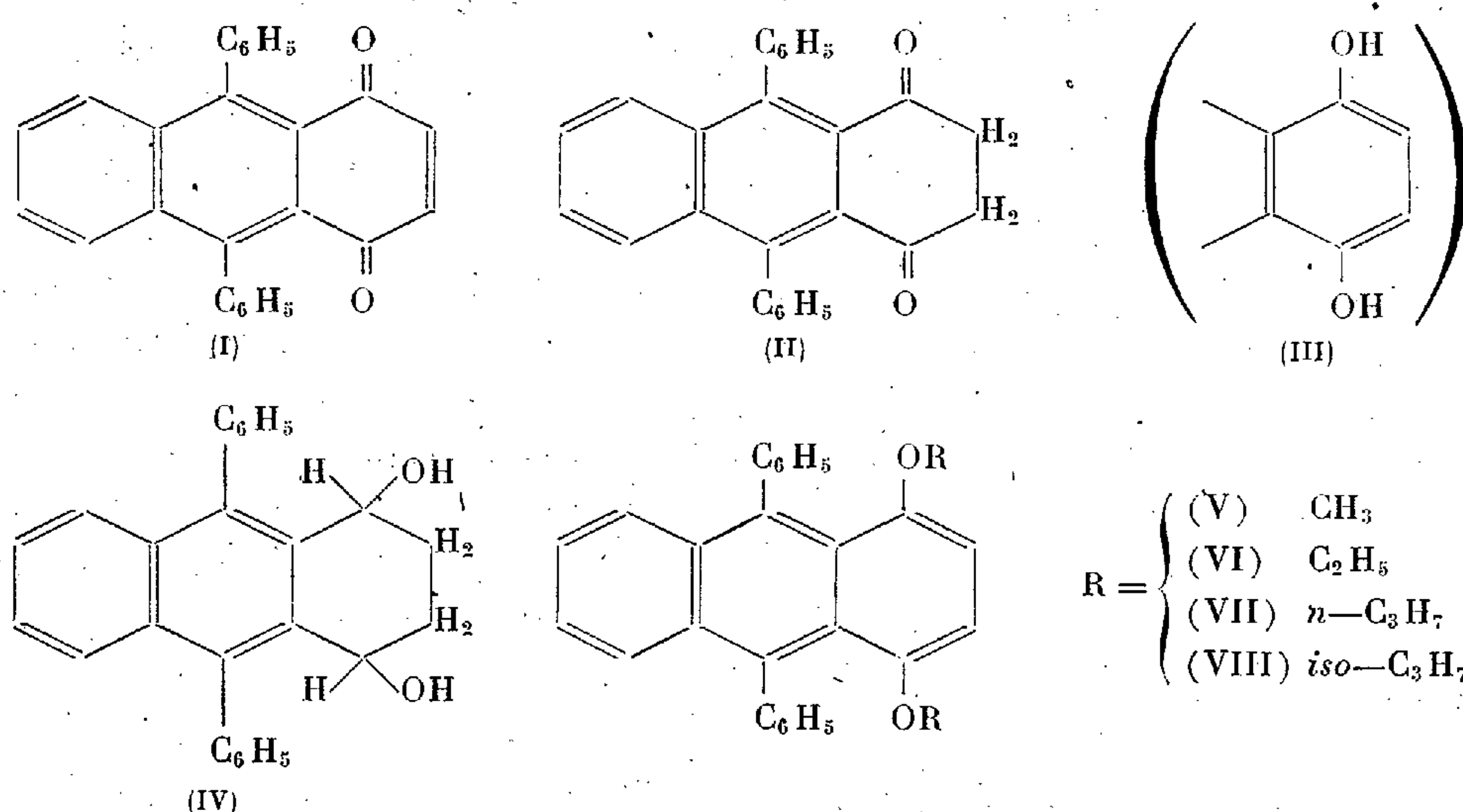
([9]) *Science*, **103**, 1946, p. 385-387.

se traduit donc par deux effets qui agissent en sens contraire et dont on peut espérer dissocier les manifestations en examinant des composés convenablement choisis.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la réduction de la diphényl-9.10 antraquinone-1.4.* Note de MM. **André Étienne** et **Georges Bichet**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Dans une précédente Note [1] nous avons signalé la préparation de certains dérivés alcolxylés-1.4 du mésodiphénylanthracène, par phénylation des anthraquinones convenablement substituées en 1.4. Ce procédé n'est pas susceptible d'une grande extension, en raison des difficultés rencontrées pour généraliser la méthode d'alcoylation de la dihydroxy-1.4 anthraquinone : la quinizarone.

Nous avons pensé opérer d'une autre manière : fixer des alcoxyles en 1.4 sur la molécule de mésodiphénylanthracène. Pour cela nous avons cherché à utiliser la diphényl-9.10 anthraquinone-1.4(I); nous espérions réduire aisément cette dernière en l'anthrahydroquinone correspondante (III), corps qui aurait dû être plus facilement alcoylable que la quinizarone.



Divers agents de réduction ont été essayés. Le zinc dans l'acide acétique bouillant, ou bien la solution concentrée d'acide iodhydrique, donnent, avec un rendement presque quantitatif, un composé incolore, non fluorescent en solution. Ce corps présente les propriétés de la dicétone dont l'anthrahydroquinone attendue serait le diénol; il s'agit de la γ-dicétone cyclanique : le diphényl-9.10 dicéto-1.4 tétrahydro-1.2.3.4 anthracène, $C_{26}H_{18}O_2$(II),

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1134.

F_{inst}260°. En effet, il donne une dioxime, $C_{26}H_{20}O_2N_2$, F_{inst}312°, et une bis-dinitro-2.4 phénylhydrazone, $C_{38}H_{26}O_8N_8$, F_{inst}355°. De plus, hydrogéné à froid, en présence de nickel Raney, il se transforme en un glycol : le diphényl-9.10 dihydroxy-1.4 tétrahydro-1.2.3.4 anthracène, $C_{26}H_{22}O_2$(IV), F_{inst}258°. Oxydé par l'oxyde de sélénium il redonne l'anthraquinone initiale (I).

Mais d'autres réactions sembleraient indiquer une possibilité d'énolisation en l'anthrahydroquinone tautomère, le diphényl-9.10 dihydroxy-1.4 anthracène (III). Ainsi en présence des alcalis, la dicétone-1.4 donne, lentement à froid, un dérivé métallique, coloré, peu stable. L'iodure de méthylmagnésium permet de détecter la présence d'hydrogènes mobiles, mais la réaction est lente et incomplète. Si l'on utilise le bromure de phénylmagnésium, dont on connaît le pouvoir énolisant plus marqué, on obtient de même, mais rapidement, une solution jaune à fluorescence verte, s'autoxydant à l'air en l'anthraquinone (I)

On a des raisons de croire à la formation de l'anthradiol-1.4 (III) dans d'autres cas, en particulier au cours de l'hydrogénation catalytique, à froid, en présence de nickel Raney, de l'anthraquinone (I). En effet, la réaction, effectuée en solution dans le benzène ou l'alcool, permet bien de fixer une molécule d'hydrogène et donne lieu à l'apparition d'une fluorescence jaune vert analogue à celle que présentent les dérivés dialcoxylés en 1.4. Mais cette fluorescence disparaît spontanément, par autoxydation à l'air, avec régénération de l'anthraquinone initiale comme dans le cas signalé ci-dessus, de l'énolisation de la dicétone (II) par les magnésiens. Si l'on agite en présence d'air la solution benzénique d'hydrogénation avec l'eau, on peut caractériser la présence d'eau oxygénée dans la phase aqueuse. Ces réactions sont analogues ici à celles qui sont utilisées avec les anthraquinones-9.10 pour la production de l'eau oxygénée. L'hypothèse d'après laquelle il y aurait eu formation de l'anthradiol-1.4 par hydrogénation catalytique, s'accorde aussi avec l'aspect du spectre d'absorption U. V. (*fig.* de Hartley) de la solution alcoolique d'hydrogénation, lequel est voisin de celui du dérivé diméthylé stable de cet anthranol, le dérivé diméthoxylé-1.4 (V).

Ces réactions permettent de voir que le passage par l'anthradiol-1.4 (III), trop instable, ne peut constituer une méthode pratique de préparation des diéthers-oxydes-1.4. Par contre, la γ-dicétone (II), qui est stable, est utilisable directement. Mise en solution dans divers alcools (méthylique, éthylique, propylique et isopropylique), en présence d'une petite quantité d'acide, elle donne les dérivés suivants, dialcoxylés-1.4, du mésodiphénylanthracène : diméthoxy-1.4, $C_{28}H_{22}O_2$(V), F_{inst} 203°; diéthoxy-1.4, $C_{30}H_{26}O_2$(VI), F_{inst} 246°, ces deux corps ayant déjà été préparés par une autre méthode [*voir* (2) et (1)]; dipropoxy-1.4, $C_{32}H_{30}O_2$(VII), F_{inst}204°; diisopropoxy, $C_{32}H_{30}O_2$(VIII),

(2) CH. DUFRAISSE et L. VELLUZ, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 9, 1942, p. 171.

F_{inst} 241°. Cette formation d'éthers-oxydes, en milieu acide fort, semble due à la forme dicétonique (II) plutôt qu'à la forme diénolique (III). Nous discuterons ultérieurement du mécanisme de cette alcoylation à partir d'une cétone.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur l'analogie de certaines roches françaises avec les flint-clays américains.* Note de Mlle **Louise Halm**, présentée par M. Albert Michel-Lévy.

Au cours d'un récent voyage aux État-Unis, nous avons eu l'occasion d'étudier les *flint-clays*, argiles très réfractaires dont les gisements les plus réputés se trouvent dans l'État du Missouri.

D'après la définition américaine, les argiles flint sont : « des argiles dures, se présentant en roche massive non stratifiée, pratiquement dépourvue de plasticité naturelle et montrant une cassure conchoïdale ». Le terme *argile* s'applique d'ailleurs à une série de matières réfractaires dont la teneur en alumine peut dépasser celle de la kaolinite. Les argiles flint du Missouri titrent généralement 44 à 46 % d'alumine après cuisson, la teneur en eau de constitution étant de 13,5 à 14 %, et les impuretés habituelles des argiles réfractaires s'y rencontrant en très petite quantité. Elles sont souvent associées à des argiles diasporitiques appelées *burley clays* (46 à 60 % d'alumine après cuisson), et même à du diaspore.

A notre connaissance, l'existence en France d'argiles de ce genre n'avait pas été signalée. Nous avons constaté l'analogie extérieure très nette qu'elles présentaient avec certaines *bauxites mégasiliceuses* de Jacques de Lapparent. Plus exactement, l'analogie est surtout frappante avec celles dont le rapport Al_2O_3/SiO_2, inférieur à 1, est compris entre 0,8 et 0,9 et, en fait, équivalent au rapport Al_2O_3/SiO_2 de la kaolinite (0,85).

Une étude approfondie des caractères physiques et physico-chimiques des matières américaines et françaises nous a permis d'établir que l'analogie extérieure correspondait à une quasi-similitude.

Les dépôts d'argiles flint du Missouri se trouvent dans des poches creusées dans les calcaires magnésiens et les dolomies de l'Ordovicien. Ils sont généralement associés à des sables et des grès de la formation Cherokee, et sont rattachés au Pensylvanien inférieur, c'est-à-dire au Westphalien.

Les bauxites mégasiliceuses d'aspect caractéristique que nous avons étudiées sont situées généralement au toit (ou au mur) des gisements de bauxite du moyen Var, qui reposent sur des dolomies portlandiennes. Certains gisements, qui paraissent exempts de bauxite vraie et sont presque intégralement constitués par des roches analogues aux argiles flint, reposent sur des dolomies portlandiennes, et sont recouverts localement par des grès et des calcaires daniens et santoniens.

Bien que l'âge géologique des roches américaines et françaises soit différent,

les terrains de contact sont d'une composition analogue. De plus, l'association des flint clays avec des argiles diasporitiques et du diaspore, celle des bauxites mégasiliceuses avec des bauxites plus riches en alumine, est un autre point commun à signaler.

Le tableau donne les analyses comparatives des deux roches. Les compositions sont extrêmement voisines et toujours très proches de celles de la kaolinite, les teneurs en éléments accessoires étant très faibles, sauf en ce qui concerne l'oxyde de titane et parfois l'oxyde de fer. Les argiles flint, quelle que soit leur provenance, sont de couleurs variées (blanc, crème, gris clair, mauve, rouge violacé) sans que la teneur en fer soit toujours en relation avec la coloration.

Analyse.	Kaolinite théorique.	Argile flint du Missouri.	Argiles flint françaises (Bauxites mégasiliceuses) 1.	2.	3.	4.	5.
Perte au feu	13,91	13,74	13,88	13,76	13,37	13,57	13,94
SiO^2	46,60	44,42	44,13	42,69	45,14	42,32	42,79
TiO^2	–	1,98	1,45	1,98	2,31	2,75	1,57
Al_2O_3	39,49	38,69	39,32	38,94	37,06	37,96	39,88
Fe_2O_3	–	0,72	0,60	1,90	1,89	3,30	1,61
CaO	–	0,21	0,23	0,18	0,27	0,31	0,53
MgO	–	0,12	traces	0,17	0,04	0,04	0,07
Na_2O+K_2O	–	0,41	0,55	0,12	0,17	0,06	0,35
Al_2O_3/SiO_2	0,85	0,87	0,89	0,91	0,82	0,87	0,93

Les analyses thermiques confirment la présence de kaolinite (parfois associée à une très faible quantité de diaspore ou de gibbsite), ainsi que l'étude aux rayons X, qui décèle également dans les deux cas, la présence de raies attribuables à la dickite.

Au microscope, la finesse de cristallisation est extrême. Les roches américaines et françaises contiennent de très petits cristaux de kaolinite, parfois associés en vermicules, parsemés au sein d'une masse apparemment amorphe, mais dont la polarisation évoque l'aspect de l'halloysite. On note la présence de limonite très divisée et de très fines aiguilles de rutile. Au microscope électronique, les cristaux sont pseudohexagonaux ($1/10$ à 1^{μ}) dans les deux cas. Quelques cristaux en aiguilles pourraient être attribués à l'halloysite, mais leur étude doit être plus poussée.

Enfin, les deux roches ont la même résistance pyroscopique égale à 1760/1770° et, par atmosphérisation, présentent le même phénomène de fragmentation.

Certaines matières similaires sont parfois rencontrées en faible quantité au sein de gisements d'argiles tendres très alumineuses des terrains sidérolithiques du Sud-Ouest.

En résumé, la concordance des caractéristiques déterminées confirme l'analogie extérieure, et met en évidence la similitude des roches françaises

et des roches américaines. Il semble que le nom de *bauxite* soit peu justifié pour désigner, en France, de telles matières qui sont effectivement des argiles du point de vue physico-chimique, bien qu'elles soient, à l'état naturel, dénuées de plasticité. Il serait plus indiqué de les appeler *argiles dures* ou *argiles flint*, par analogie avec la dénomination américaine.

TECTONIQUE. — *Sur les dômes anticlinaux de la partie septentrionale du Jura franc-comtois.* Note de M. **Gilbert Mathieu**, transmise par M. Emmanuel de Margerie.

I. La partie Nord du Jura franc-comtois, entre Morteau et Saint-Hippolyte, a été étudiée récemment par MM. Fallot (1) et Robaux (2), aussi les deuxièmes éditions des cartes géologiques présentent-elles des améliorations considérables par rapport aux feuilles primitives au 1/80000; néanmoins la surveillance des levers au 1/20000 des ingénieurs géologues de Nancy, en juillet 1949, m'a permis de préciser quelques structures intéressantes incomplètement connues.

Au Nord du plateau de Maiche, la large boutonnière ouverte dans un dôme rauracien, s'ennoyant à Thiebouhans, admet en son centre une importante masse de Dogger qui forme le massif boisé du Mont-Miroir, culminant à 997^{m}. Si je n'ai pas récolté de fossiles caractéristiques dans la traversée du Mont-Miroir de Maîche, j'ai observé par contre des faciès pétrographiques qui ne laissent aucun doute sur l'âge jurassique moyen : calcaire sublithographique à débris d'encrines rouges, oolithe miliaire jaunâtre, calcaire gréseux grisâtre, calcaires bicolores ou à grosses encrines grises. L'Oxfordien qui forme une ceinture déprimée se lamine au Sud-Est vers Cernay, entre les roches de Rauracien vertical de Ruan et la carrière du château d'eau de Maiche. Cette faille directionnelle de laminage n'a rien à voir avec le grand décrochement transversal de la tranchée de la voie ferrée près de la gare. Tout le flanc Ouest de cet anticlinal du Mont-Miroir est renversé, avec pendage 75° S-W des calcaires à *Cidaris florigemma*.

Au delà du col tectonique de Trevillers, on rencontre ensuite, en allant vers Indevillers, non pas une simple combe d'argile oxfordienne passant par la ferme de Vernoy jusqu'au Bois à Dianne, mais bien une ellipse complète d'Oxfordien qui se développe sur plus de 4$^{km^2}$ au Nord de Fessevillers, enserrant en son centre un dôme typique de *Dalle nacrée*. Ce dôme est en partie masqué par les bois de sapins, mais à 1^{km} de Trevillers, au lieudit « Troubières » (sur la carte d'État-Major), on voit les argiles fossilifères à *Creniceras Renggeri* (Oxfordien inférieur) reposer, par l'intermédiaire d'une oolithe marneuse et

(1) Fallot, *Carte géologique* 1/80000 *Montbéliard*, n° 114 (2e édition 1933).
(2) Fallot et Robaux, *Carte géologique* 1/80000 *Ornans*, n° 127 (2e édition 1942).

ferrugineuse, sur la dalle nacrée typique. L'anticlinal de la *Dalle nacrée* crevé par l'érosion près de Vernoy laisse apparaître en quelques points le Bathonien.

Nous avons en définitive, depuis Burnevillers à la frontière suisse, une série de brachyanticlinaux disposés en chapelet : la boutonnière de Fuesse, puis les dômes de Vernoy et du Mont-Miroir, auxquels font suite les importants anticlinaux de Maiche et de Bonnetage. Il existe un autre alignement parallèle NW-SE, tel que la boutonnière classique de Damprichard, les petits dômes des Seignottes, des Ecorces, puis la boutonnière de Frambouhans.

II. Si la structure du Jura est assez simple dans ses grandes lignes, elle apparaît d'une complication extrême dans les détails. Tous les dômes anticlinaux sont fortement dissymétriques, avec leur flanc Ouest déversé ou renversé et bordé souvent de près par une arête synclinale étroite (Damprichard-Belfays). Ensuite à l'intérieur de la boutonnière, il y a presque toujours des régions de laminage soit de la dalle nacrée, soit de l'Oxfordien, qui passent à la disparition complète par faille causée par une remontée diapyrique du Dogger (Mont-Miroir de Maîche, Dogger à la cote 997; Toarcien à la cote 900 à la ferme du Saut-de-l'Eau au Sud de Maîche). L'épaisseur des argiles oxfordiennes est extrêmement variable, allant de 100 à 10^{m} suivant les coupes. Elles semblent s'être écoulées comme un fluide entre les masses plus rigides du Dogger et du Rauracien. Elles atteignent 100^{m} dans l'anticlinal de la Cendrée près de Fournet-Blancheroche et 10^{m} seulement au Sud du Château de Mérode à Maîche, où existe un étirement évident. J'avais déjà observé, il y a un an, l'accumulation d'Oxfordien dans la charnière anticlinale entre Foncine-le-Haut et Les Planches-en-Montagne.

Suivant le style jurassien du pli à faible rayon de courbure et non cassé (type du chapeau de gendarme), on constate dans les dômes des arêtes anticlinales secondaires. Ainsi dans le large dôme de Memont, on observe « aux Monnins-Dessous » deux plis latéraux de Dalle nacrée et de Dogger. C'est aussi le cas de la boutonnière des Seignes de Belfays où l'on peut identifier deux petits dômes de *Dalle nacrée* s'ennoyant dans l'Oxfordien.

Un autre sujet qui a retenu mon attention, c'est la liaison possible entre le décollement du Mont-Olivot au Cirque de Consolation, revu récemment par M. Robaux (3), et la grande faille Dessoubre-Doubs, cartographiée en détail par M. Fallot au-dessus de Saint-Hippolyte. Il s'agit d'un accident inverse très important, amenant le Bajocien ou le Bathonien sur le Jurassique supérieur autochtone. Or dans le secteur Mancenans le Liserne, à l'Ouest de Maîche, le relevé détaillé des pendages révèle un massif de Rauracien très tectonisé qu surmonte le Séquanien très fossilifère. Il y a donc un accident inverse, qui constitue sinon la liaison, du moins un relaiement entre la cassure de Saint-Hippolyte et la faille du Mont-Olivot.

---

(3) *Bull. Soc. Géol. France* (5e série), **18**, p. 123.

Conclusion. — La partie la plus septentrionale du Jura franc-comtois nous montre en définitive la combinaison des décollements inverses de grandes longueurs avec les dômes disposés en chapelet sur les plateaux tabulaires. La meilleure explication de ces dômes consiste à invoquer le *diapyrisme* des masses de sel gemme ou de gypse sous-jacentes du Trias. En comptant 300^m de Lias et de Dogger, le sommet du Trias se trouverait remonté à la cote 700 sous le Mont-Miroir et la cote 800 au Sud de Maîche.

Ces faits s'accordent très bien avec la notion des plis de couverture du Jura. Il y aurait eu des boursoufflements, donc ensuite des boutonnières dans la couverture jurassique au-dessus de chaque amas de sel triasique en profondeur. Si les boutonnières sont disposées en chapelet, c'est que les lagunes salifères avaient autrefois cette disposition au sein des argiles rouges du Keuper.

TECTONIQUE. — *Sur la présence de plusieurs phases de diastrophisme en Tunisie Orientale.* Note de M. **Gilbert Castany**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Les études détaillées, à l'échelle du pli, mettent en évidence, en de nombreux points de Tunisie Orientale, la présence de mouvements orogéniques d'âges différents, dont l'interférence explique la complexité structurale de cette région. Les exemples les plus caractéristiques sont réalisés dans la chaîne Nara-Sidi Kralif et au Djebel Chérahil au SW de Kairouan.

L'accident Nara-Sidi Kralif, dissymétrique, orienté N-S, présente un flanc occidental régulier, alors que le versant oriental laminé est en grande partie effondré. Tous les terrains y sont représentés, sauf une lacune de l'Éocène supérieur générale en Tunisie Orientale, du Lias inférieur au Miocène. Les couches présentent de nombreuses variations locales de faciès et de puissance, résultant de pulsations locales qui seront analysées ultérieurement. C'est toutefois déjà une preuve de l'instabilité constante de cette zone au cours des temps géologiques.

Au cours de Notes précédentes [1] nous avons décrit la partie centrale et méridionale de cette unité. Les levers détaillés au 1/20000 et au 1/50000 montrent la structure complexe des couches du Jurassique et du Crétacé inférieur et moyen, qui contraste avec la régularité des terrains de bordure du Crétacé supérieur au Miocène. *Au Djebel El Attaris*, une faille importante, redoublant la série crétacé inférieur et moyen, n'affecte pas le Sénonien supérieur (Campanien), ainsi que les étages surincombants qui, du Nord au Sud, se poursuivent avec régularité sur près de 50^{km}. En ce point apparaît donc une phase orogénique qui se situerait au Sénonien inférieur, le Turonien fossilifère étant intéressé.

---

[1] *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 684-688; *Ann. Mines et Géologie*, Tunis, 1947.

Les couches jurassiques et crétacées inférieures et moyennes des *Djebels Sidi Kralif et Faïd* sont accidentées de nombreuses fractures dessinant un réseau orthogonal, accompagnées de laminages, de disharmonies qui contrastent avec la régularité des couches plus récentes post-turoniennes. *Ces deux exemples mettent en évidence la présence d'une phase anté-sénonienne.*

Le flanc oriental du pli réalise le maximum de complexité. Failles, dislocations, laminages s'y succèdent avec formation d'écailles de calcaires campaniens ou jurassiques, de grès albo-aptiens, au sein de gypses liasiques ou éocènes avec, par places, quelques lambeaux de jurassique, témoins de la retombée anticlinale Est. La présence de lumachelles et de calcaires lutétiens montre qu'ici, le Nummulitique a participé à l'orogénèse dont le paroxysme peut être fixé à la fin du Miocène, début du Pliocène. L'ensemble dessine une zone de fractures, étroite bande, large de quelques dizaines de mètres, s'étendant sur près de cent kilomètres, du Nord au Sud, d'El Aouareb au Djebel Bou Dinar. Nous l'avons assimilée en 1946 au Djebel Nara à un pli-faille ([2]). Les études détaillées poursuivies ces dernières années dans toute la chaîne et analysées à la suite des travaux de L. Glangeaud dans le Jura ([3]), nous ont permis d'y reconnaître non pas l'effet d'une seule phase orogénique, qui conditionne la notion de pli-faille, mais de plusieurs déformations. Cette origine polygénique nous conduit à assimiler cette structure aux *failles-plis* de L. Glangeaud. Il s'agirait d'une zone de fractures contemporaines des accidents d'âge crétacé du flanc occidental, plissée au cours du paroxysme alpin (Pontien-Pliocène inférieur). Son ampleur permet d'affirmer qu'elle correspond à une fracture du bâti profond, dont la signification structurale apparaît lors d'une analyse à l'échelle de la chaîne tout entière.

Le Djebel Cherahil situé à l'Est des accidents précédents, d'orientation SSE-NNO donne lieu à des observations qui viennent confirmer nos hypothèses. Au Centre, la série est normale, du Cénomanien au Miocène supérieur. Vers le Nord, on note d'importantes variations de faciès et d'épaisseurs des couches du Crétacé moyen et supérieur et du Lutétien inférieur, de telle sorte qu'à la fermeture périclinale le Lutétien supérieur repose directement sur les grès et dolomies de l'Albo-Aptien. A quelques centaines de mètres au Sud, le Sénonien supérieur (Campanien) est transgressif et en discordance tectonique sur le Crétacé inférieur.

Nous décelons donc au Chérahil-Nord des *mouvements d'âge crétacé, anté-campanien.*

D'autres exemples pourraient être cités. Ils feront l'objet d'une étude complète et détaillée.

([2]) *Comptes rendus,* **223**, 1946, p. 812-814.

([3]) *Bull, Soc. Hist. Nat. Doubs,* n° 51, 1945, p. 17-38 et n° 52, 1948, p. 5-16; *Bull. Soc. Belge de Géologie,* 1947.

Les études géologiques détaillées ont montré la présence en Tunisie orientale de plusieurs phases de diastrophisme qui permettent d'expliquer la complexité structurale de ses plis, et leurs importantes anomalies directionnelles.

BOTANIQUE. — *De la morphologie florale et de la classification des Myricaceæ.* Note de M. **Jean-F. Leroy**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Les travaux du Professeur A. Guillaumin relatifs aux Myricaceæ représentent certainement la contribution la plus importante qu'on ait apportée à l'étude de cette famille depuis bientôt un demi-siècle. Ils ont en effet révélé que : 1° une Myricaceæ existait en Nouvelle-Calédonie et 2° qu'elle constituait le type d'un genre nouveau fort curieux, nommé par ce savant : *Canacomyrica* (¹). L'isolement géographique et surtout la profonde différenciation morphologique de cette plante posent des problèmes de grand intérêt, dont quelques-uns seront examinés ici, et d'autres, très singuliers, dans une Note ultérieure.

Dans sa *Flore de la Nouvelle-Calédonie* (²), A. Guillaumin a été amené à modifier considérablement, pour qu'elle s'étende au genre néocalédonien, la description familiale des Myricacées, notamment ce qui concerne la disposition de l'ovule, lequel serait ici *anatrope à micropyle infère pendant à l'extrémité d'un long funicule*. Une hétérogénéité fondamentale [quand on sait (³) qu'il est toujours orthotrope, érigé et sessile, à micropyle supère] se trouverait ainsi introduite dans une famille jusqu'à présent considérée à juste titre comme remarquablement homogène, et même dans l'ordre entier des Juglandales. En présence de ces données, et *compte tenu de tout un ensemble d'autres caractères divergents*, l'on eût pu, valablement ce me semble, envisager la création d'une famille spéciale à l'intérieur de l'ordre.

A. Guillaumin a d'ailleurs marqué nettement son propre état d'esprit devant cette difficulté. Il écrit : « Je ne sais pas à quelle famille, autre que les Myricacées, on pourrait la (la plante) rattacher ». Mais il suggère par ailleurs de « considérer ce nouveau genre comme le type d'une tribu ou sous-famille spéciale des Myricacées ». J'ai réétudié minutieusement les spécimens de *Canacomyrica* et mes observations n'ont pas confirmé les faits précédemment établis. J'ai constaté que *l'ovule est érigé, sessile, orthotrope et à micropyle supère*. Le hile reste parfaitement visible à la base du tégument, quant au *long funicule* ce n'est en réalité qu'un pseudo-funicule dont la nature sera examinée dans ma prochaine Note, mais dont je puis déjà dire qu'il a une origine et une signi-

---

(¹) *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 233; *Bull. Soc. Bot. France*, **87**, 1939, p. 299.

(²) Office de la Recherche Scientifique coloniale, Paris, 1948.

(³) A. Chevalier, *Monographie des Myricacées* (*Thèse*, Cherbourg, 1901).

fication tout autre. *L'organisation du gynécée est bien celle d'une Myricacée.* Par ailleurs l'embryon droit non plus que les grains de pollen à trois pores ne saurait poser de problème.

Restent cependant plusieurs très sérieuses difficultés, notamment : la présence de fl. ♂ et de fl. ⚥ (au moins morphologiquement); la présence d'un disque (périanthe 6-lobé) *dans l'un et l'autre types* de fl., accrescent chez les ⚥ et enveloppant la drupe à maturité ([4]); la présence d'un pistillode bien développé chez les fl. ♂; celle aussi de six étamines périgynes à filet court et de stigmates en lames évasées profondément laciniées-dichotomes chez les fl. ⚥; certaines différences importantes d'ordre anatomique (trace foliaire, chaîne pétiolaire, stomates). Il faut noter aussi que l'albumen n'est ni nul, ni membraneux, mais seulement très réduit.

Incontestablement le genre *Canacomyrica* doit représenter le type d'une sous-famille et le schème suivant peut être proposé :

Myricacées. — I. *Myricoïdées* (*Myrica, Gale*), *Comptonia* (Amérique, Afrique, Asie, jusqu'à Java et Philippines).

II. *Canacomyricoïdées* (*Canacomyrica*) (Nouvelle-Calédonie).

Cette dernière sous-famille, plus primitive, montre plusieurs caractères de liaison entre Myricacées et Juglandacées.

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les Pentoxylées et l'origine des Angiospermes.* Note (*) de M. **Henri Gaussen**, présentée par M. Raoul Combes.

Dans un article récent, Sahni (1948) ([1]) étudie un groupe de Gymnospermes fossiles du Jurassique moyen venant des Rajmahal hills dans l'Inde. Il a pu faire la reconstitution de l'espèce *Pentoxylon Sahnii* Sriv dont on connaît bien l'appareil végétatif et l'organe femelle en forme de cône. Les caractères sont très particuliers : la tige présente 10 faisceaux (5 gros et 5 petits) autonomes, chacun avec ses formations secondaires concentriques. Les feuilles ressemblent à celles d'un *Williamsoniella* et sont disposées en bouquets sur des mésoblastes du type *Ginkgo*. La nervure principale comporte 9 faisceaux mésarches juxtaposés, les stomates sont du type des Bennettitales. Le cône femelle ressemble à une mûre formée de graines charnues juxtaposées et disposées en hélice sur un axe, sans paraphyses ni bractées visibles. Les pédoncules des cônes, portant chacun deux cônes, se réunissent à la base et ont

---

([4]) Le développement du disque est concomitant de celui du pistil; les étamines semblent alors non fonctionnelles. Inversement le plein développement de celles-ci entraîne l'arrêt précoce du développement du disque et du pistil. La ségrégation physiologique paraît réalisée.

(*) Séance du 21 novembre 1949.

([1]) *Botanical Gazette*, **110**, 1948, p. 47-80, 45 figures, Chicago.

l'air de se souder pour former le mésoblaste. Ces caractères paraissent très spéciaux et Sahni ne voit pas la possibilité de rattacher ce groupe à aucun des groupes classiques de Gymnospermes, malgré le caractère des stomates qui, pour Florin, est le meilleur *réactif* des Bennettitales.

A mon avis, on peut le considérer comme une transition entre le type Bennettitales et celui de groupes récents comme les Gnétophytes ou les Angiospermes.

En effet, l'appareil végétatif a l'allure d'une soudure de tiges simples. J'ai considéré que cette soudure est un indice de surévolution (1944, p. 39 et 1946, V, 25) (²). Les Pentoxylées d'une part, les fasciés étudiées par Nystérakis (1949) (³) d'autre part, sont des exemples très nets de la réalité d'un processus que j'avais envisagé après Chauveaud. Il y a atactostélie puis mise en ordre comme chez *Thalictrum*. Si la tige paraît formée par soudure, la feuille paraît aussi très évoluée dérivant sans doute du type *Wielandiella* (1946, *fig.* 107) (²). Si l'appareil végétatif dont les faisceaux mésarches n'ont rien d'incompatible avec la structure de Bennettitale est très évolué ou surévolué, il est logique d'admettre que l'appareil reproducteur puisse aussi avoir un degré d'évolution élevé dans le pseudocycle auquel appartient le groupe.

Cette évolution, en suivant les lois normales, doit faire passer du caractère hermaphrodite de beaucoup de Bennettitales au caractère dicline. C'est le cas. La soudure des paraphyses au tégument ou leur atrophie sont aussi des processus normaux, surtout si on admet que les paraphyses sont des rachis en régression (1946, IV, 28) (²). On pourrait passer ainsi de la partie femelle complexe des Bennettitales à un type plus simple où les ovules devenus sessiles seraient juxtaposés en hélice sur un axe.

Ce type est celui des Gnétophytes; c'est en gros celui du pistil de Magnolia. Il n'est donc pas impossible, comme je l'avais déjà envisagé (1946, V, 13), qu'un certain groupe d'Angiospermes puisse avoir son origine dans un groupe aberrant de Bennettitales qui serait le groupe des Pentoxylées. Le double tégument de l'ovule des Magnolias resterait à expliquer : ne serait-il pas dû à une surévolution rétablissant une sorte de paraphyse formant le tégument externe ? On rejoint ainsi un peu l'idée d'Emberger (1944) (⁴); le retour au caractère hermaphrodite serait aussi une surévolution.

Je rappelle qu'une origine de la gousse des Légumineuses dans les Caytoniales a été proposée (1946, V, 18, 19).

L'origine des *Casuarina* dans les Articulées paraît très acceptable. Donc,

---

(²) H. GAUSSEN, *Les Gymnospermes actuelles et fossiles*. Fasc. I, 1944, Fasc. III, 1946. (*Travaux du Laboratoire forestier de Toulouse*. Faculté des Sciences).

(³) *Comptes rendus*. **229**, 1949, p. 234-236.

(⁴) *Les plantes fossiles dans leurs rapports avec les végétaux vivants* (*Éléments de paléobotanique et de morphologie comparée*), 1 vol., 492 p., 457 fig., Paris 1944.

pour trois phylums d'Angiospermes, on a peut-être une origine possible, mais il reste bien des inconnues. En particulier, il serait nécessaire de connaître l'appareil mâle des Pentoxylées.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Ajmaline, serpentine et serpentinine.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Ayant retrouvé dans les racines de *Rauwolfia serpentina* (L.) Bentham ex Kurz, une substance alcaloïdique déjà extraite de cette drogue par Greshoff (¹) et ayant constaté, après cet auteur, qu'elle se dissout dans l'acide nitrique en le colorant en rouge, Warden et Bose (²) lui ont donné le nom de pseudo-brucine.

Plus récemment, S. et R. H. Siddiqui (³) ont réussi à extraire de ces mêmes racines 5 alcaloïdes cristallisés : 3 blancs : l'ajmaline, l'ajmalinine et l'ajmalicine, 2 jaunes : la serpentine et la serpentinine. De ces bases, seule l'ajmaline communique à l'acide nitrique une couleur rouge.

L'année suivante, Van Itallie et Steenhauer (⁴) n'ont pu isoler de cette même drogue que deux bases amorphes et une base cristallisée : la rauwolfine, qui ressemble beaucoup à l'ajmaline, colore comme elle en rouge l'acide nitrique, enfin donne, comme la strychnine, par distillation avec de la poudre de zinc, de l'ammoniaque, du scatol, de la quinoline et du carbazol.

En 1935, S. et R. H. Siddiqui (⁵) ont eux aussi tenu pour probable que le système nucléaire de l'ajmaline doit être semblable à celui de la strychnine.

Enfin, ayant, tout récemment, repris l'étude de l'ajmaline, et constaté que, par distillation de cette base avec de la poudre de zinc, on obtient du carbazol et du N-méthyl-harman, D. Mukherji, R. Robinson et E. Schlittler (⁶) ont admis également que l'ajmaline doit avoir une stucture moléculaire voisine de celle de la strychnine.

L'étude comparée des spectres d'absorption, dans l'ultraviolet, de l'indol, de la carbazoline et de l'acétylcarbazoline ayant permis à M. Kotake, K. Mori et T. Mitsuwa (⁷) de découvrir le groupement chromogène et par suite un des éléments essentiels de la molécule de la strychnine, nous avons comparé avec ces différents spectres, ceux de l'ajmaline et de la rauwolfine et constaté que ces

(¹) *Mededeel. uit's Lands Plantentuin*, 7, 1890, p. 51.

(²) *Pharmaceut. Journ. a. Transact.*, 3ᵉ série, 23, 1892, p. 101.

(³) *Journ. of the Ind. chem. Soc.*, 8, 1931, p. 667.

(⁴) *Arch. d. Pharmazie*, 270, 1932, p. 313.

(⁵) *Journ. of the Ind. chem. Soc.*, 12, 1935, p. 37.

(⁶) *Festschrift Karrer*, 1949, p. 42 et *Experientia*, 5, 1949, p. 215.

(⁷) *Scient. Papers of the Inst. of phys. a. chem. Res.*, Tokyo, 31, nº 701, p. 333.

derniers, qui sont très différents de ceux de l'indol et de l'acétylcarbazoline, sont pratiquement identiques mais se distinguent à peine de celui de la carbazoline (*fig.* 1). On peut donc tenir pour très vraisemblable que ces trois substances comportent le même chromogène.

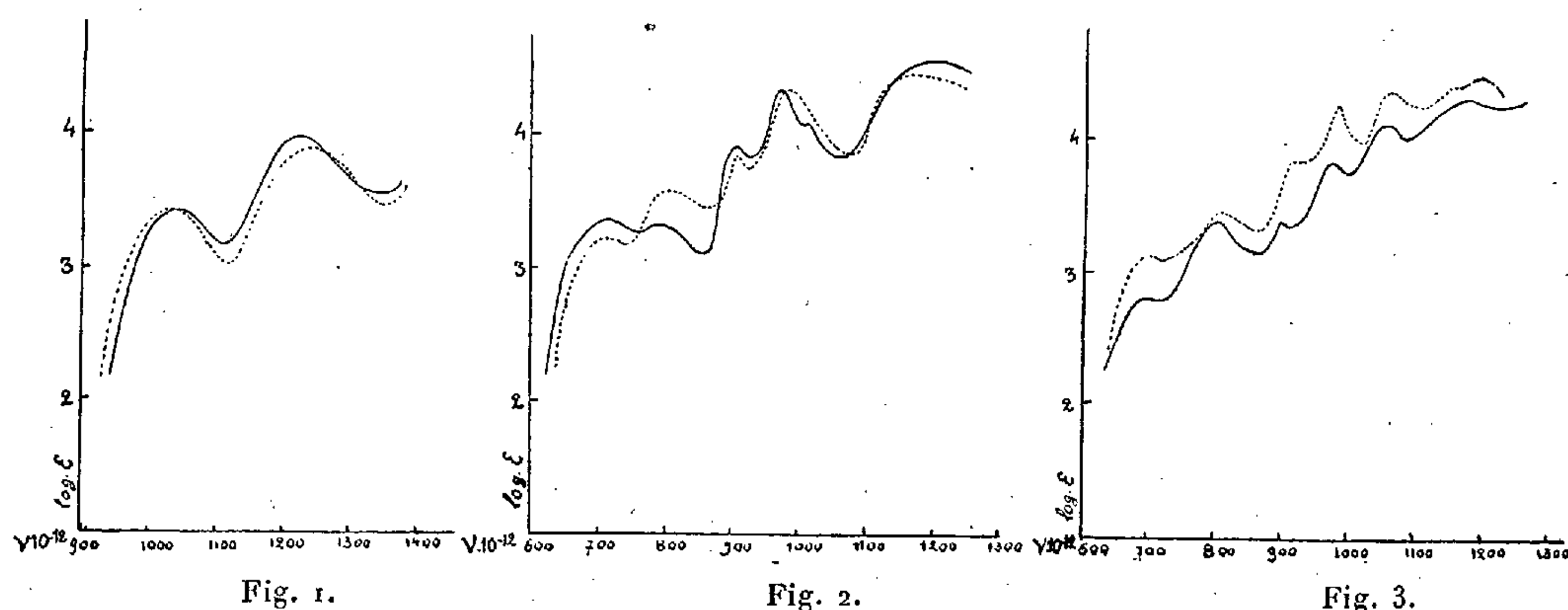


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 1.

——— Ajmaline (chlorhydrate en solution dans l'eau) préparée par S. et R. H. Siddiqui.

Maxima : 1043 1221
Minima : 1111 1328

------- Carbazoline (solution dans l'alcool) préparée par Prelog.

Maxima : 1027 1240
Minima : 1113 1348

Fig. 2.

——— Serpentine (solution dans l'alcool) préparée par S. et R. H. Siddiqui.

Maxima : 707 785 909 977 1020 1200
Minima : 763 857 938 1007 1075

------- Tétradéhydroyohimbine (solution dans l'alcool) préparée par Majima.

Maxima : 707 804 906 977 1163
Minima : 742 864 920 1075

Fig. 3.

——— Serpentinine (solution dans l'alcool) préparée par S. et R. H. Siddiqui.

Maxima : 700 800 898 974 1053 1178
Minima : 728 865 909 997 1075 1219

------- Alcool tétradéhydroyohymbilique (solution dans l'alcool) préparée par Majima.

Maxima : 706 802 909 983 1060 1140 1190
Minima : 721 867 938 1020 1107 1163

Quant aux spectres de la serpentine et de la serpentinine, ils ressemblent beaucoup, le premier à celui de la tétradéhydroyohimbine (*fig.* 2), le second à celui de l'alcool tétradéhydroyohimbylique (*fig.* 3).

L'existence de bases yohimbiniques dans un *Rauwolfia* ne peut nous étonner puisque la rauwolscine découverte récemment par A. Mookherjee (⁸) dans une autre espèce de ce genre est presque certainement un isomère de la yohimbine.

La présence dans une même plante de bases yohimbiniques et d'un alcaloïde carbazolinique nous apparaît au contraire comme assez inattendue.

(8) *Journ. of the Ind. chem. Soc.*, **18**, 1941, p. 33 et p. 485, **20**, 1943, p. 11, **22**, 1945, p. 6.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Gradients de répartition de l'iode, du potassium et de l'eau chez* Laminaria flexicaulis. Note (*) de MM. **Émile Rinck** et **Jean Brouardel**, présentée par M. Louis Hackspill.

Dans des publications précédentes (1) nous avons montré que les hypothèses de Freundler puis de Spindler selon lesquelles l'iode et le potassium chez *Laminaria flexicaulis* évolueraient par transmutation reposent sur des bases expérimentales erronées. Ces auteurs admettaient en effet l'uniformité de répartition de ces éléments dans l'algue et imputaient toute variation de leur teneur à un phénomène de transmutation ; or, des nombreuses déterminations que nous avons effectuées, il résulte que ces variations sont dues en réalité à des différences systématiques de répartition dont nous allons résumer ici l'allure et l'ampleur.

Iode. — L'examen de plus de 500 échantillons prélevés sur une cinquantaine de *L. flexicaulis* montre qu'il existe une variation régulière de cet élément le long de l'algue. La courbe B de la figure résumant les données analytiques relatives à deux algues, donne, en fonction de la position des échantillons, les teneurs en iode rapportées au poids sec. On constate que cette teneur décroît dans le crampon, reste sensiblement constante le long du stipe, présente un maximum très net à la jonction du stipe et de la zone stipofrondale, suivi d'un minimum dans celle-ci, puis croît jusqu'à l'extémité de la fronde. La même allure de courbe a été observée chez toutes les algues examinées. En raison de la localisation de l'iode dans le méristoderme, nous avons vérifié ces résultats en rapportant les teneurs à des surfaces et non plus à des poids. La courbe obtenue a même allure que la courbe B, mais le maximum situé à la jonction stipe-zone stipofrondale est plus accentué.

Potassium. — La courbe C, donnant les teneurs en potassium rapportées au poids sec, illustre la variation de cet élément le long d'une algue. On voit que la teneur, très forte dans le crampon, décroît et passe par un minimum à la base du stipe, croît, mais en présentant une notable dispersion dans le stipe, passe par un nouveau minimum à la naissance de la fronde puis croît jusqu'à son extrémité. L'étude de 230 échantillons pris sur une quinzaine d'algues nous a toujours donné des variations de même allure.

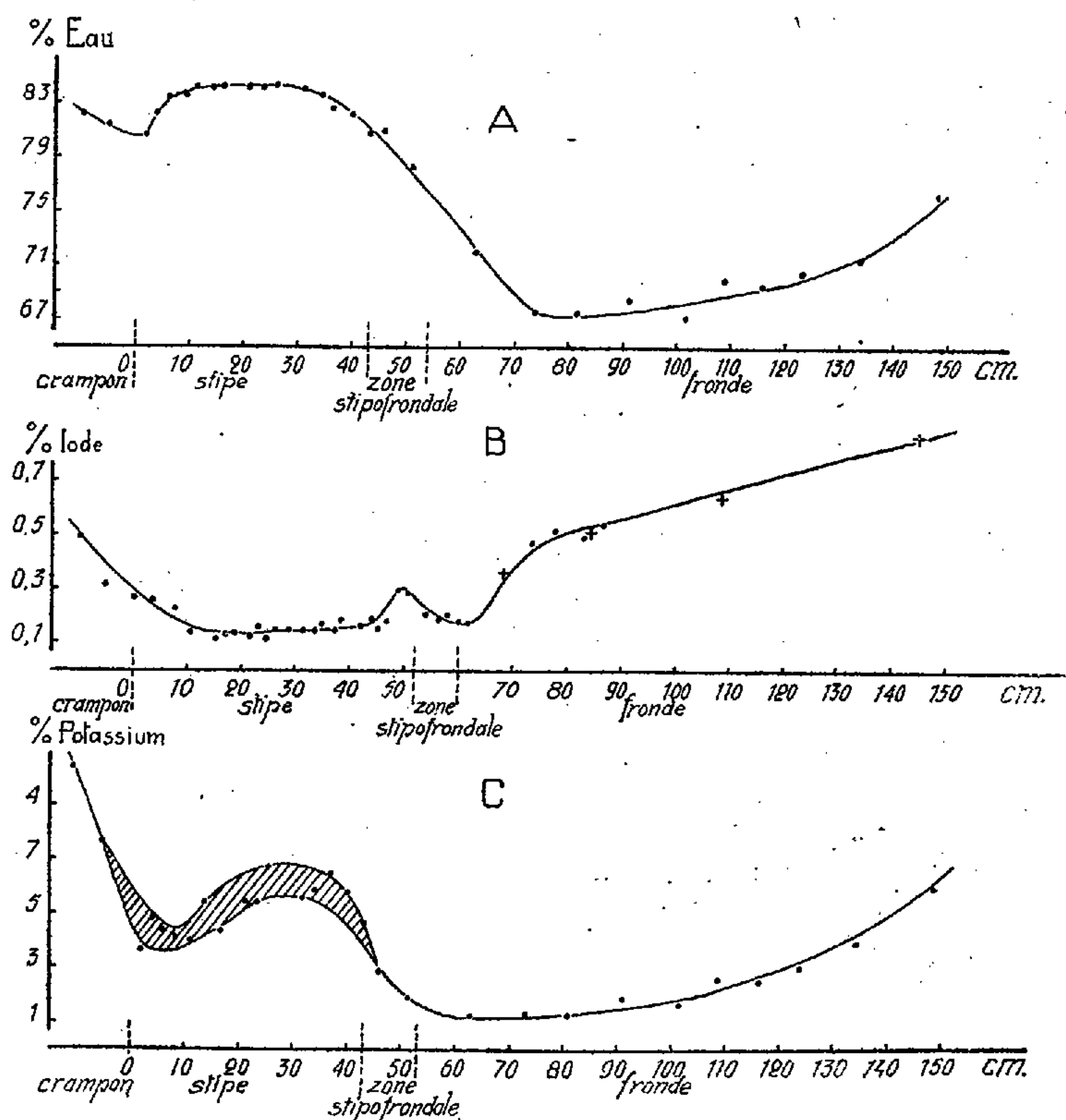
Teneur en eau. — Les teneurs en iode et en potassium données par les courbes B et C ont été rapportées au poids sec, car il existe aussi une variation régulière de la teneur en eau le long de l'algue. La courbe A se rapporte à la même algue que la courbe C et donne la variation de sa teneur en eau. Celle-ci croît à partir de la base du stipe, reste constante sur une assez grande longueur,

---

(*) Séance du 21 novembre 1949.

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 263-265; **229**, 1949, p. 240-241.

diminue dans le premier tiers de la fronde, puis croît régulièrement jusqu'à l'extrémité. La même allure de courbe s'est retrouvée chez toutes les algues examinées; toutefois l'humidité ne paraît pas toujours décroître dans le crampon et la chute dans la zone stipofrondale peut être plus rapide.



Répartition le long de *L. flexicaulis* des teneurs : A, en eau; B, en iode; C, en potassium.

Les résultats obtenus montrent que les régions morphologiques de l'algue, à savoir, le crampon, le stipe, la zone stipofrondale et la fronde sont caractérisés par des tronçons de courbe bien déterminés, mettant ainsi en évidence une correspondance étroite entre la morphologie et la concentration des éléments chimiques de la plante. Nous espérons compléter ces données par une étude cytologique des régions de l'algue correspondant aux points singuliers des courbes.

GÉOCHIMIE. — *Solubilisation des sesquioxydes de fer libres du sol.* Note de MM. **Pierre Haniset** et **Georges Waegemans** présentée par M. Albert Demolon.

Les inconvénients inhérents aux méthodes actuellement utilisées pour doser les sesquioxydes de fer libres dans le sol nous ont amenés à essayer des agents

réducteurs autres que H_2S qui, dans certains cas, produit du soufre colloïdal, ou l'aluminium métallique qui empêche la détermination ultérieure des sesquioxydes d'aluminium présents dans l'échantillon étudié. Des essais ont été entrepris avec de l'hydrosulfite de soude, l'agent de formation du complexe employé étant le tartrate d'ammonium.

Nous avons pris comme matériel, une argile très fine pour laquelle l'analyse thermique nous indiquait une haute teneur en kaolinite.

A. *Influence du* pH *pour des teneurs égales en tartrate d'ammonium et en hydrosulfite de soude.* — 2^g d'argile ont été mis en contact avec 50$^{cm^3}$ de solution contenant, en quantités égales, du tartrate d'ammonium et de l'hydrosulfite de soude à 10 %.

L'essai fait à froid a donné les résultats suivants :

pH 4 : décoloration complète de l'argile en 30 minutes;

pH 5 : décoloration complète de l'argile en 24 heures;

pH 6 : décoloration complète de l'argile en 3 jours.

Pour une même concentration de solution, portée à l'ébullition, le pH étant de 4,5, la clarification de l'argile a été obtenue en une minute.

La recherche de l'aluminium dans les solutions par l'alizarine et l'ériochromecyanine a donné des résultats négatifs.

B. *Influence de teneurs variables en tartrate d'ammonium et hydrosulfite de soude pour différents* pH. — 1^g d'argile mis en contact avec une solution portée à l'ébullition et contenant des quantités variables d'hydrosulfite de soude et de tartrate d'ammonium à donné, pour des pH différents, les résultats ci-après :

Volume de la solution (cm^3).	Tartrate de NH_4 (%).	Hydrosulfite de Na (%).	pH.	Observations.
20............	1	1	4	La décoloration n'est pas notable après 30 minutes. L'hydrosulfite tend à se décomposer. Il faut ajouter une forte quantité de bisulfite pour stabiliser l'hydrosulfite.
20............	3	5	4	L'hydrosulfite se décompose à l'ébullition (cette solution est stable à froid).
20............	3	5	5	L'argile ne se décolore pas après une demi-heure.
20............	10	10	6	Forte décoloration en une minute mais incomplète, il faut poursuivre jusque quatre à cinq minutes.

Volume de la solution (cm^3).	Tartrate de NH_4 (%).	Hydrosulfite de Na (%).	pH.	Observations.
60	10	10	6	La suspension chauffée se décolore presque complètement après quelques secondes d'ébullition et est complète en quatre à cinq minutes.
20	10	1	6	Très faible décoloration. La terre est encore rouge après une demi-heure.
20	10	10	5	Décoloration presque complète en une minute. Produit plus blanc qu'à pH6.
20	10	5	5	

De ces essais il résulte que :

les conditions de pH sont plus sévères à chaud qu'à froid, le pH5 est le seul qui convienne bien;

qu'une décoloration complète de l'argile peut être obtenue après 5 minutes d'ébullition avec une solution de tartrate d'ammonium et d'hydrosulfite de soude à 10 %, le pH étant égal à 5.

L'action sélective de l'hydrosulfite de soude sur les sesquioxydes de fer, bien qu'elle ait été mise en évidence par les résultats négatifs des recherches de l'aluminium dans les solutions d'extraction, a été vérifiée avec de l'hydroxyde d'alumine précipité et séché.

Nous pouvons donc conclure que l'hydrosulfite de soude, en présence d'un agent approprié de formation de complexe, convient parfaitement pour la solubilisation sélective des sesquioxydes de fer libres dans le sol.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'emploi de l'anesthésie hypoxique en physiologie opératoire*. Note de MM. **Jean Giaja** et **Radoslav Andjus**, transmise par M. Léon Binet.

Il a été noté ici même ([1]) que le Rat soumis à une dépression barométrique progressive dans une température ambiante inférieure à 15° est envahi par l'hypothermie, et lorsque sa température est tombée à 15° environ, le sujet est dans un état de profonde léthargie dont on le tire, avec rétablissement complet, en le réchauffant artificiellement.

Les Rongeurs étant considérés par quelques physiologistes, à tort ou à raison, comme des homéothermes labiles, imparfaits, on devait se demander si le phénomène que nous venons de rappeler ne leur était pas particulier. Aussi avons-nous

([1]) *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 80-82.

fait le même essai avec le Chien et le Chat. Le résultat fut le même qu'avec le Rat : refroidissement progressif sous l'effet de l'atmosphère raréfiée, léthargie lorsque la température des sujets approche de 15-17°, puis réveil et rétablissement par réchauffement. La seule différence est qu'il faut un espace de temps plus long pour obtenir cette *anabiose hypoxique* chez des animaux de grande taille par rapport au Rat.

Le Rat refroidi par hypoxie jusqu'à 15° est dans un état d'anesthésie profonde, absolument immobile, ne réagissant pas aux excitations. Ses mouvements respiratoires sont très espacés, les battements du cœur ralentis. Sa consommation d'oygène est à peine de 5 % de celle de l'état normal à la même température ambiante. Nous avons réussi à prolonger cet état d'anabiose chez le Rat durant vingt-quatre heures, puis à ranimer le sujet par réchauffement, sans conséquences ultérieures.

L'un de nous (Andjus), pratiquant pour un but spécial l'hypophysectomie par voie parapharyngienne chez le Rat anesthésié à l'éther et ayant constaté l'inconvénient de cette méthode par suite du danger d'asphyxie du sujet au cours de l'intervention, substitua à l'anesthésie par l'éther celle qu'on obtient, comme on vient de le voir, dans l'anabiose hypoxique. Ce procédé accusa de réels avantages, aussi est-il devenu, dans notre Institut, d'un emploi courant dans les opérations que nous pratiquons sur le Rat (hypophysectomie, ablation de la thyroïde, extirpation des surrénales, splénectomie, etc.). Nous avons constaté les avantages suivants : immobilité absolue au cours de l'opération; hémorragies très réduites, par suite de la faible pression sanguine; résistance à l'asphyxie très augmentée; aucun contrôle de l'anesthésie hormis les indications du thermomètre en permanence dans le rectum, la température du sujet devant être maintenue proche de 15°, ce que l'on obtient en déplaçant sous la plaque métallique d'opération un petit tiroir contenant de la glace fondante; enfin, possibilité de prolonger sans difficultés la durée des opérations, et absence de suites postopératoires de l'anesthésie. Notons que la coagulation du sang est retardée, ce qui jusqu'à présent fut sans importance dans nos opérations, vu la rareté des hémorragies, mais qui pourrait être un avantage dans des opérations d'un autre genre, par exemple dans celles portant sur les vaisseaux sanguins. Lorsque l'opération est terminée on place le sujet à proximité d'une ampoule électrique pour le réchauffer. Dès que sa température est montée à 20° environ il se remet sur ses pattes.

Au lieu de diminuer progressivement la pression barométrique, nous employons actuellement un procédé plus simple ne nécessitant aucun dispositif particulier. Il consiste à confiner le Rat dans un récipient de verre hermétiquement clos, que l'on plonge dans de l'eau glacée. En surveillant le sujet, on ouvre le récipient dont on renouvelle l'atmosphère lorsque la dyspnée est devenue violente et l'on profite de cette sortie de l'animal pour prendre sa température. On répète à plusieurs reprises cette opération jusqu'à ce que la

température du sujet soit tombée à environ 15°. Dans cet état le sujet ne se réchauffe pas par retour à l'air libre si la température ambiante n'est pas supérieure à la sienne. Nous employons pour cette technique des bocaux de la capacité d'un demi-litre à trois litres, selon la taille de nos Rats. Dans ces conditions on obtient l'anesthésie avec température corporelle de 15° dans l'espace d'une à deux heures. Le seul soin à prendre dans l'application de cette méthode est de surveiller, surtout au début du confinement, la respiration du sujet pour éviter son asphyxie. Jusqu'à présent nous n'avons appliqué qu'au Rat cette méthode d'anesthésie hypoxique en physiologie opératoire.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Sur la présence de cellules neuro-sécrétrices chez* Dentalium entale *Deshayes*. Note de M. **Manfred Gabe**, présentée par M. Louis Fage.

Les Mémoires classiques de Lacaze-Duthiers (1), Fol (2), Plate (3), Boissevain (4) comportent une description anatomique très précise des centres nerveux du Dentale, mais les données histologiques, sommaires et obtenues au moyen des seules techniques topographiques ne correspondent évidemment pas à l'état actuel de nos moyens d'investigation. L'examen d'individus nombreux de *Dentalium entale* Deshayes, procurés par MM. E. Fischer et A. Franc, nous a permis de constater la présence, dans les ganglions buccaux antérieurs, cérébroïdes et pleuraux, de cellules très différentes de la cellule nerveuse habituelle; il nous semble intéressant d'en rapporter les particularités.

Le caractère commun de ces cellules est une affinité marquée du cytoplasme pour les colorants acides, affinité qui les différencie des cellules nerveuses avoisinantes. L'éosine, la fuchsine acide, l'azocarmin sont retenus très énergiquement par les cellules en question. Cette affinité tinctoriale est conservée après fixation par les mélanges à base d'acide acétique, mais la conservation des structures est bien meilleure après fixation cytologique.

La taille et la structure des cellules acidophiles varient suivant le siège. Dans le ganglion buccal antérieur nous avons trouvé constamment une cellule volumineuse, piriforme, à grand axe mesurant environ 45µ, entourée de cellules nerveuses plus petites. Son noyau, nettement plus volumineux et plus pauvre en chromatine que celui des cellules nerveuses avoisinantes, comporte un nucléole volumineux et central. Le cytoplasme est éosinophile et contient plusieurs masses ovalaires, de structure aréolaire, fortement acidophiles. La portion initiale du prolongement qui part du pôle effilé de la cellule est forte-

(1) *Ann. Sci. Nat. Zool.*, 6, 1856, p. 347.
(2) *Arch. Zool. exp. Gén.*, 17, 1889, p. 91-148.
(3) *Zool. Jhbch. Morphol.*, 5, 1892, p. 301-386.
(4) *Jena. Z. Naturwiss.*, 38, 1904, p. 552-570.

ment acidophile et tranche sur les autres fibres du neuropile. La morphologie générale est donc celle d'un neurone unipolaire, mais les affinités tinctoriales et la structure du cytoplasme sont très particulières.

Les éléments acidophiles que nous avons pu trouver dans les ganglions cérébroïdes et pleuraux sont plus petits (20µ environ). Leur noyau ne diffère pas de celui des cellules nerveuses voisines, mais le cytoplasme est rempli de granulations arrondies et fortement acidophiles. On trouve sur le trajet des prolongements de ces cellules, des granulations de taille diverse, ayant les mêmes affinités tinctoriales que les grains intra-cellulaires. L'emplacement des cellules acidophiles est le même chez tous les individus examinés; elles siègent dans la région dorso-latérale et postérieure de la couche cellulaire périphérique des ganglions cérébroïdes et à la face dorsale et latérale des ganglions pleuraux, immédiatement sous l'enveloppe conjonctive.

Les caractères morphologiques de ces éléments sont ceux de cellules neuro-sécrétrices; l'aspect du cytoplasme, la présence de granulations acidophiles sur le trajet des fibres qui en émanent autorisent la comparaison avec les cellules neuro-sécrétrices longuement étudiées par de nombreux auteurs chez les Arthropodes et chez les Vertébrés. Des éléments neuro-sécréteurs ont été décrits dans les ganglions cérébroïdes chez quelques Opisthobranches [Scharrer ([5])], mais on ne possède aucune donnée physiologique à leur sujet et l'état rudimentaire de nos connaissances sur le fonctionnement des centres nerveux chez les Scaphopodes interdit toute hypothèse sur le rôle éventuel des éléments dont nous venons de signaler la présence.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'énergie de combinaison des isohémagglutinines.* Note (*) de Mmes **Sabine Filitti-Wurmser**, **Yvette Jacquot-Armand** et M. **René Wurmser**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Nous avons dans une Note antérieure ([1]) indiqué une valeur de l'enthalpie ΔH correspondant à la combinaison d'une molécule d'isohémagglutinine avec un groupe agglutinogène d'une hématie. Cette détermination impliquait que le taux d'agglutination est une fonction du produit de la concentration (A) de l'agglutinine en solution par une constante K qui est la constante d'équilibre entre l'agglutinine et les groupes agglutinogènes supposés indépendants. Pour préciser la signification de la fonction $f[K(A)]$, nous avons fait une hypothèse

([5]) *Publ. Staz. Zool. Napoli*, 13, 1935; *Naturwiss.*, 25, 1937, p. 9.

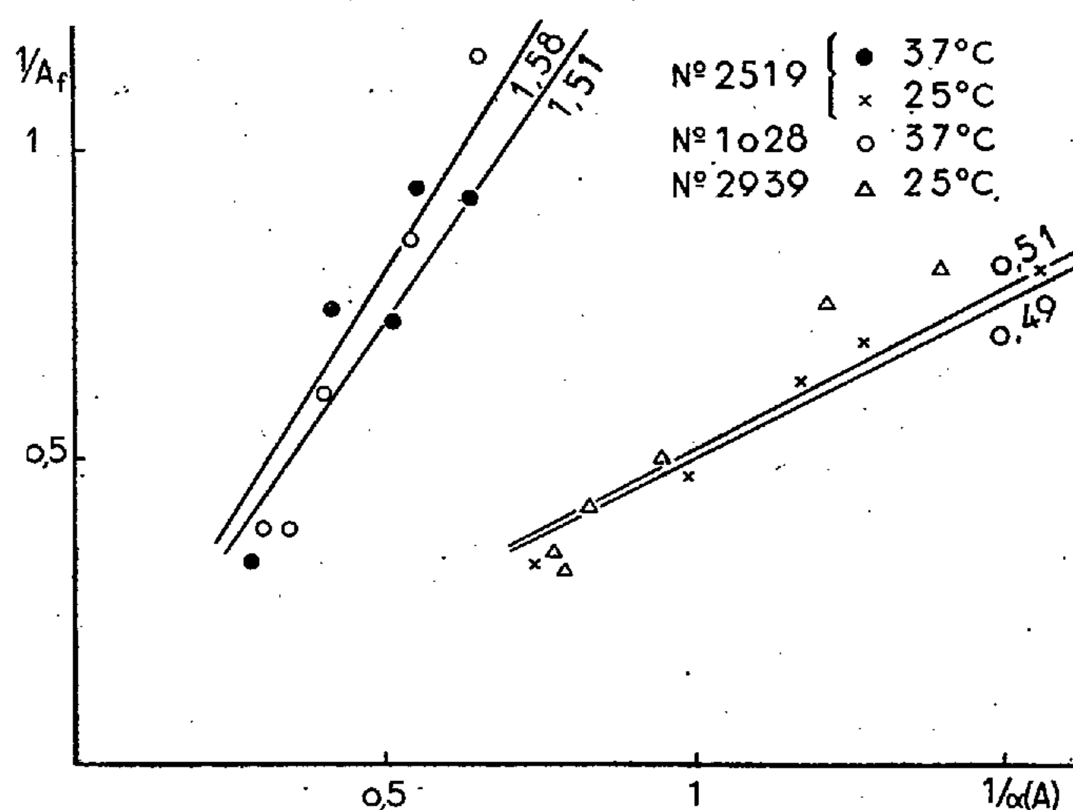
(*) Séance du 21 novembre 1949.

([1]) S. Filitti-Wurmser, Y. Jacquot-Armand et R. Wurmser, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 844-846.

concernant le processus de l'agglutination. On peut s'en affranchir en calculant l'enthalpie d'après le rapport des pentes obtenues en portant en ordonnées l'inverse de la quantité A_f d'agglutinine fixée par hématie, et en abscisses l'inverse de (A), ces deux grandeurs étant exprimées en valeurs relatives. S'il y a bien indépendance des groupes agglutinogènes et si m est le nombre de ces groupes par hématie, la pente obtenue est proportionnelle à $1/mK$.

Il n'est pas possible de fixer par extrapolation la valeur de m. D'une part, il existe, aux fortes concentrations d'agglutinine, des interactions entre les molécules. D'autre part, dans la zone de concentration expérimentée, les valeurs de A_f sont telles qu'à la même échelle, l'ordonnée correspondant à la saturation est extrêmement petite.

Les droites ont donc été tracées comme les meilleures passant à la fois par l'origine et les points expérimentaux. La figure 1 représente les résultats obtenus avec divers sérums du groupe A_1 à 25° et 37°C. Du rapport des pentes à ces deux températures on déduit pour ΔH la valeur : — 17000 ± 1300 calories, qui est en assez bon accord avec la valeur — 19000 obtenue à partir du taux d'agglutination.



La détermination des valeurs de $1/A_f$ en fonction de $1/(A)$ constitue un moyen d'étudier quantitativement les diverses agglutinines. Il faut pour cela éliminer, au préalable, par chauffage à 56°C pendant 50 minutes, un inhibiteur présent en quantité variable dans les sérums et qui se manifeste surtout à 37°, puis de moins en moins quand la température s'abaisse, jusqu'à être sans action à 4°.

Sur 18 sérums A_1 étudiés, 14 ont après ce traitement présenté une valeur moyenne de 2,4 pour le rapport N_4/N_{37} du nombre maximum des hématies

agglutinées à 4° au nombre maximum des hématies agglutinées à 37°. Le tableau ci-dessous indique les valeurs des pentes pour un certain nombre de ces sérums A_1 et pour les 3 sérums A_2 que nous avons eus à notre disposition. Pour ces derniers le rapport N_4/N_{37} est 2.

Groupes des sérums.	Pentes	
	à 37°.	à 25°.
A_1	1,58±0,31	0,49±0,04
A_1	»	0,51±0,07
A_1	1,51±0,17	»
A_1	1,39±0,08	0,47±0,05
A_2	0,53±0,08	0,23±0,02
A_2	0,45±0,08	0,22±0,02
A_2	»	0,25±0,02

On voit que les agglutinines des sérums A_1 et A_2 se distinguent nettement sans que l'on puisse dire encore s'il s'agit d'une différence dans leur affinité ou dans le nombre des groupes agglutinogènes qui leur correspondent sur les hématies. De même la chaleur de combinaison des agglutinines des sérums A_2 est de 11500 calories, soit de 5500 calories inférieure à celle que nous avons indiquée pour les agglutinines des sérums A_1.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la présence de ferments protéolytiques dans les complexes antagonistes à base de pénicilline.* Note (*) de MM. **Rémy Richou**, **Claude Gerbeaux** et Mlle **Jacqueline Schlaepfer**, présentée par M. Gaston Ramon.

Dans des essais effectués antérieurement, nous avons montré la présence de ferments protéolytiques dans les filtrats de *Bacillus subtilis* (1) et d'*Actinomyces griseus* (2).

Au cours de nouveaux essais, nous avons examiné la production par le *Penicillium notatum*, de ferments protéolytiques solubles, en recherchant la présence de ces ferments dans divers *complexes antagonistes* à base de pénicilline (3), bruts, ou additionnés de 1 °/₀₀₀ de formol.

(*) Séance du 21 novembre 1949.

(1) G. Ramon, R. Richou et P. Ramon, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 341.

(2) R. Richou, Cl. Gerbeaux et Mlle J. Schlaepfer, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 395.

(3) Ces *complexes* nous ont été fournis par M. Velu.

Comme test de l'activité diastasique de ces *complexes*, nous avons étudié leur pouvoir gélatinolytique qui a été évalué selon la technique décrite par G. Ramon ([4]) et qui consiste à déterminer quelle est la plus petite dose de complexe capable d'amener, en l'espace de 4 heures à 45°, la gélatinolyse de 1^{cm} de gélatine (3^{g} de gélatine pour 100^{cm^3} d'eau physiologique). Cette dose représente l'unité gélatinolytique.

Nous avons résumé, en un tableau, les résultats de l'une de nos séries d'expériences, indiquant en outre la valeur antibiotique et la valeur antidotique (vis-à-vis de la toxine staphylococcique) des *complexes* examinés.

Numéro des complexes	Unités antibiotiques (par cm^3).	Unités antidotiques (par cm^3).	Unités gélatinolytiques (par cm^3).
57 brut.........	270	10	200
58 »	256	35	500
60 »	240	10	400
446 »	233	0	40
447 »	233	10	300
449 »	240	0	40
450 »	323	6	40
57 formolé......	–	10	200
58 »	–	10	500
60 »	–	10	300
446 »	–	0	40
447 »	–	10	300
449 »	–	0	40
450 »	–	6	40

Il ressort de ces résultats que tous les *complexes antagonistes* à base de pénicilline examinés, qu'ils soient formolés ou non, contiennent de la gélatinase alors que la pénicilline purifiée n'en contient pas. Il n'y a, apparemment, aucun rapport entre le pouvoir antibiotique et le pouvoir antidotique de ces *complexes*. De même le pouvoir antibiotique et le pouvoir gélatinolytique semblent indépendants l'un de l'autre. Au contraire, on constate un parallélisme très net entre les pouvoirs antidotique et gélatinolytique, ce qui tendrait à prouver qu'ils sont vraisemblablement dus au même principe ou à des principes voisins ([5]).

([4]) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 253; **219**, 1944, p. 268.

([5]) Le principe antidotique et le principe gélatinolytique présents dans les filtrats de culture de *B. subtilis* se retrouvent également concentrés dans l'extrait obtenu en

Comme nous l'avons indiqué à diverses reprises avec G. Ramon (6) la présence de ferments protéolytiques variés dans les *complexes antagonistes* à base de subtiline, de streptomycine ou de pénicilline, apparaît d'un grand intérêt pratique lors de l'utilisation locale des *complexes* en Médecine Humaine et en Médecine Vétérinaire, puisque ces principes diastasiques en exerçant leur activité sur les exsudats inflammatoires, sur les débris cellulaires, sur les agrégats purulents pour les décomposer, pour les dissocier, peuvent faciliter ainsi la pénétration des substances antibiotique, antidotique et virulicide, et leur intervention sur les germes, les toxines microbiennes et les virus.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

M. le **Président**, au nom de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par le décès de M. *Gustave Roussy*, présente la liste suivante :

En première ligne	M. **Paul Lévy**.
En seconde ligne	M. **Antoine Lacassagne**.
En troisième ligne, ex æquo, *par ordre alphabétique*...	MM. **Georges Deflandre**. **Pierre Girard**. **Jean-Jacques Trillat**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17h 50m.

R. C.

---

concentrant ces filtrats par précipitation au moyen du sulfate de soude, alors que le principe antibiotique est absent de cet extrait (G. Ramon et R. Richou, *Revue d'Immunologie*, **12**, 1948, p. 8).

(6) *Voir* par exemple : G. Ramon et R. Richou, *Revue d'Immunologie*, **11**, 1947, p. 197.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 12 septembre 1949.)

Note présentée le 5 septembre 1949, de M. *Dimitri Riabouchinsky*, Le problème de la règle des signes :

Page 536, ligne 8 en remontant, *au lieu de* qui ne diffèrent l'une de l'autre que par les signes de tous les paramètres et ceux des variables, *lire* qui ne diffèrent l'une de l'autre que par les signes des variables.

Page 536, ligne 1 en remontant, *au lieu de* $+4x-2$, *lire* $+4x-2x^0$ *et au lieu de* $-4x+2$, *lire* $-4x+2x^0$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de novembre 1949.

Science et pensée. Le principe vital, par H. Nielsen, traduit du danois par l'Auteur et Jacques Fiszer : Paris, Librairie Hachette, 1949; 1 vol. $18^{cm},5$.

Annales de la Société polonaise de mathématique. T. XXI, 1948, Fasc. 2, dédié à Waclaw Sierpinski, à l'occasion de son jubilé. Kraków, Instytut matematyczny uniwersytetu Jagiellónskiego, 1949; 1 vol. 25^{cm}.

Éphémérides nautiques ou *Extrait de la Connaissance des temps pour l'an* 1950. Ouvrage publié par le Bureau des Longitudes, spécialement à l'usage des marins. Paris, Gauthier-Villars, 1949; 1 fasc. 24^{cm}.

Traité de mécanique des sols, par Albert Caquot et Jean Kérisel. Deuxième édition de l'ouvrage : *Équilibre des massifs à frottement interne. Stabilité des terres pulvérulentes ou cohérentes*, de Albert Caquot. Paris, Gauthier-Villars, 1949; 1 vol. 25^{cm}.

Dimensional Analysis, par Robert Esnault-Pelterie. Lausanne, E. Rouge et Co, s. d.; 1 vol. $23^{cm},5$.

Mémoires de l'Académie malgache. Fasc. 37. *Le magnétisme terrestre à Madagascar. Observations faites par des officiers de la Marine nationale entre* 1884 *et* 1924; *Observa-*

tions de M. F. C. Brown de la C. I. W. entre 1920 *et* 1921 ; *Relations entre le magnétisme et la géologie locale*, par CHARLES POISSON. Tananarive, Imprimerie moderne de l'Emyrne, Pitot de la Beaujardière et Cie, 1949 ; 1 fasc. 28cm,5.

L'Unesco. Un programme mondial. Analyse du programme de l'Unesco pour 1949, *voté par la Conférence générale à Beyrouth.* Paris, Organisation des Nations unies pour l'Éducation, la Science et la Culture ; 1 fasc. 24cm.

L'Académie de la République populaire roumaine. *Bulletin scientifique.* A. *Mathématique, physique, chimie, géologie, géographie, biologie, sciences techniques et agricoles.* T. I, no 1, 1948, édité par l'ACADÉMIE DE LA RÉPUBLIQUE POPULAIRE ROUMAINE ; 1 vol. 24cm,5 (en langue roumaine).

Analele Academiei Republicii populare române. Seria A. Tomul I. Memoriul I. *Materiale pentru flora uredineelor din românia.* Suplement II de TR. SAVULESCU. Editura Academieï Republicii populare române ; 1 fasc. 24cm,5.

Photomacrographie et photomicrographie, par PIERRE PIZON. Paris, Éditions de la Revue d'optique, 1949 ; 1 vol. 21cm.

Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs pour l'an 1950, publiée par le BUREAU DES LONGITUDES. Paris, Gauthier-Villars, 1949 ; 1 vol. 24cm,5.

Golden Jubilee world Tribute to Dr SIDNEY V. HAAS. New York, The Committee for the Golden Jubilee Tribute to Dr Sidney V. Haas, 1949 ; 1 vol. 23cm,5.

Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'air. *La recherche du nuage radioactif*, par HUBERT GARRIGUE. Paris, Service de documentation et d'information technique de l'aéronautique, 1949 ; 1 vol. 27cm (présenté par M. J. Cabannes).

Communications de la Faculté des sciences de l'Université d'Ankara. T. I. Istanbul, Kenan Basimevi, 1948 ; 1 vol. 24cm,5.

Encyclopédie ornithologique. VIII et IX. *Bibliographie ornithologique française*, par RENÉ RONSIL. T. I et II. Paris, Paul Lechevalier, 1948 ; 2 vol. 25cm,5.

Monographie des Probabilités. Fasc. 7. *Un axiome universel. Ses applications aux sciences expérimentales*, par GEORGES REBOUL et JEAN-ANTOINE REBOUL. Paris, Gauthier-Villars, 1950 ; 1 vol. 25cm (présenté par M. E. Borel).

Mémorandum I du centre Ifan Cameroun. *Petite étude sur la main-d'œuvre à Douala*, par J. GUILBOT. Imprimerie du gouvernement Yaoundé, s. d. ; 1 fasc. 22cm,5.

Mémorandum II du centre Ifan Cameroun. *Contribution à l'étude de l'Islam noir*, par P. CARDAIRE. Mémoire hors série des études camerounaises, 1949 ; 1 fasc. 24cm.

L'Istituto di Patologia del Libro in Roma. Roma, Artigianato grafico di C. Cappotto, 1948 ; 1 fasc. 17cm.

L'Avenir de la science. 29. *Le système nerveux sympathique*, par PAUL CHAUCHARD. Paris, Gallimard, 1949 ; 1 vol. 20cm.

Collection de monographies sur la théorie des fonctions. *Leçons sur l'intégration et la recherche des fonctions primitives professées au Collège de France*, par HENRI LEBESGUE. Deuxième édition. Paris, Gauthier-Villars, 1950 ; 1 vol. 25cm.

Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo. *Scientific Results of the Norwegian antartic expeditions* 1927-1928 *et* Sqq. Instituted and financed by consul Lars Christensen. Edited by OLAF HOLTEDAHL. Vol. II. Oslo, I Kommisjon hos Jacob Dybwad, 1947; 1 vol. 27cm,5.

Istanbul Teknih Universitesi Bülteni. Volume I. Number 1, 1948. Istanbul, Uçler Basimevi; 1 fasc. 24cm.

Ministerio de industria y comercio de la Nacion. Subsecretaria de industria. Direccion general de industria manufacturera. Instituto tecnologico. Serie A. Número I *Estudio de la composición de uno de sus tipos*, por el ALDO E. A. MITTA, y el ILDEFONSO ALVAREZ. *Composición quimica de especies de la región subantarca del pais*, por el ANDRÉS D. FORTUNATO. Buenos Aires, 1949; 1 fasc, 23cm.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 DÉCEMBRE 1949.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Gustavo Colonnetti**, Membre de l'Académie des *Lincei*, Président du Conseil National de la Recherche d'Italie, qui assiste à la séance.

M. le **Président** signale que la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 14 décembre au lieu du lundi 12, jour de la séance annuelle des prix de l'Académie des Sciences morales et politiques.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur une martingale mineure.* Note de M. Émile Borel.

Si un banquier offre à un joueur la possibilité de choisir à son gré son enjeu à chaque partie d'un jeu équitable, on donne le nom de martingale à une règle fixant l'enjeu d'après les résultats des parties précédentes, de telle manière que le joueur soit certain de gagner au bout d'un nombre fini de parties (non fixé d'avance). Bien entendu, la difficulté pour le joueur est de pouvoir *tenir le coup* jusqu'au gain; il faut qu'il possède constamment l'enjeu fixé par la martingale et de plus cet enjeu ne doit pas dépasser le maximum fixé par le banquier. Mais, dans les conditions théoriques où le joueur aurait un crédit illimité et où le banquier accepterait tout enjeu, rien n'est plus aisé que de construire des martingales. J'ai signalé récemment la martingale de Saint-Pétersbourg, que j'appellerai martingale majeure parce que le gain possible peut être aussi grand que l'on veut; sa valeur théorique moyenne est infinie. J'appellerai martingales mineures celles dans lesquelles le gain de chaque série de parties (d'une longueur variable) est constant.

La plus simple et la plus connue des martingales mineures consiste à doubler l'enjeu aussi longtemps que l'on perd; on réalise ainsi un gain égal à la mise

initiale, dès la première partie gagnée. Mais, si l'on perd 20 parties consécutives, la perte dépasse un million de fois la mise initiale et le jeu doit pratiquement s'arrêter, à moins que la mise initiale ne soit ridiculement faible. Si cette mise était de 1000 francs, la fortune du joueur et celle du banquier devraient dépasser un milliard. Cette martingale est donc assez dangereuse pour celui qui la pratique. Je voudrais indiquer une martingale mineure qui dépend d'un paramètre α et qui se réduit à la précédente lorsque α devient égal à 1; mais nous supposerons α positif et inférieur à 1.

Désignons par a l'enjeu du joueur à la première partie; la règle qu'il suivra est la suivante : il multipliera l'enjeu par $1+\alpha$ après chaque partie perdue et par $1-\alpha$ après chaque partie gagnée. S'il perd la première partie, son gain (négatif) pourra s'écrire sous la forme

$$\frac{a}{\alpha}-\frac{a}{\alpha}(1+\alpha), \tag{1}$$

et s'il la gagne, son gain (positif) pourra s'écrire

$$\frac{a}{\alpha}-\frac{a}{\alpha}(1-\alpha), \tag{2}$$

Suivant qu'il a perdu ou gagné, l'enjeu de la seconde partie est $a(1+\alpha)$ ou $a(1-\alpha)$, c'est-à-dire égal au produit par α du terme soustractif de (1) ou de (2); on en conclut que, si le joueur perd la seconde partie, après avoir perdu la première, son gain total sera

$$\frac{a}{\alpha}-\frac{a}{\alpha}(1+\alpha)^2, \tag{3}$$

tandis que s'il gagne la seconde après avoir perdu la première, ou inversement, ce gain sera

$$\frac{a}{\alpha}-\frac{a}{\alpha}(1+\alpha)(1-\alpha). \tag{4}$$

et qu'enfin s'il gagne les deux premières, son gain sera

$$\frac{a}{\alpha}-\frac{a}{\alpha}(1-\alpha)^2, \tag{5}$$

Lorsque l'on connaît les résultats des deux premières parties, on sait que l'enjeu de la troisième partie doit être égal au produit par α du terme soustractif de (3), (4) ou (5), on arrive ainsi aisément à montrer que si sur les $p+q$ premières parties, le joueur en gagne p et en perd q, son gain après ces $p+q$ premières parties sera

$$\frac{a}{\alpha}-\frac{a}{\alpha}(1-\alpha)^p(1+\alpha)^q. \tag{6}$$

Mais, lorsque le nombre des parties augmente indéfiniment, le rapport p/q

du nombre des parties gagnées et du nombre des parties perdues tend vers l'unité; on en conclut que le terme soustractif de (6) tend vers zéro et que par suite le joueur gagne finalement a/α. La limite de l'enjeu $a(1-\alpha)^p(1+\alpha)^q$ de la $(p+q)^{\text{ième}}$ partie est zéro; lorsque cet enjeu sera inférieur au minimum acceptable, on arrêtera le jeu.

On verra aisément que, plus le nombre α est petit, plus longtemps le jeu tend à se prolonger, mais aussi moins élevé est le risque que court le joueur de se trouver dans l'impossibilité de tenir le coup lorsque sa fortune n'est pas grande par rapport au quotient a/α. Un choix raisonnable consiste à prendre α égal à 1/2 ou à 1/3.

Bien entendu, aucune martingale ne peut prétendre être sûre; il y a toujours une faible probabilité de subir une grosse perte si l'on n'a pas un crédit illimité et le droit de jouer un enjeu illimité; mais l'on peut avoir la presque certitude d'un gain modeste, les probabilités de grosses pertes étant pratiquement négligeables.

Nous avons supposé le jeu équitable; l'existence du zéro de la roulette diminue évidemment les chances de gain.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez le* Glycine Soja *Sieb. et Zucc.* (Soja hispida *Mœnch*). Note de M. **René Souèges**.

On n'a pas de renseignements sur les processus selon lesquels procède la segmentation dans la construction de l'embryon chez le Soja. L'attention de L. Guignard ([1]), en 1881, s'est surtout fixée sur l'albumen; il se contente de signaler, pour ce qui concerne l'embryon, que celui-ci diffère toujours du jeune sporophyte des autres Phaséolées (*Phaseolus, Erythrina*) à toutes les phases de l'accroissement et que le suspenseur est seulement représenté par un petit nombre de cellules peu développées. On ne peut se contenter de ces simples remarques. Il nous faut connaître de manière plus précise les vrais rapports du suspenseur et de l'embryon proprement dit, la part exacte que prennent à l'édification de ces deux régions fondamentales du corps les deux cellules apicale et basale du proembryon bicellulaire, les règles qui président aux divisions de ces deux blastomères et d'après lesquelles ils assurent leurs fonctions histogéniques.

La tétrade proembryonnaire qui résulte de la division des cellules apicale et basale est une tétrade de la catégorie B_I, la paroi de segmentation étant plus ou moins rapprochée de la verticale dans la cellule basale, nettement inclinée dans la cellule apicale et séparant deux éléments assez dissemblables, *a* et *b* (*fig.* 2). En 3, cette tétrade est vue de profil.

([1]) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 6e série, **12**, 1881, p. 133.

Par bipartition de ses quatre éléments, elle donne naissance à un proembryon octocellulaire (*fig.* 5) : la cellule *a*, par une cloison anticline à direction horizontale a produit deux éléments superposés (*fig.* 4 à droite, 5 à gauche) dont l'un, au sommet, se comporte

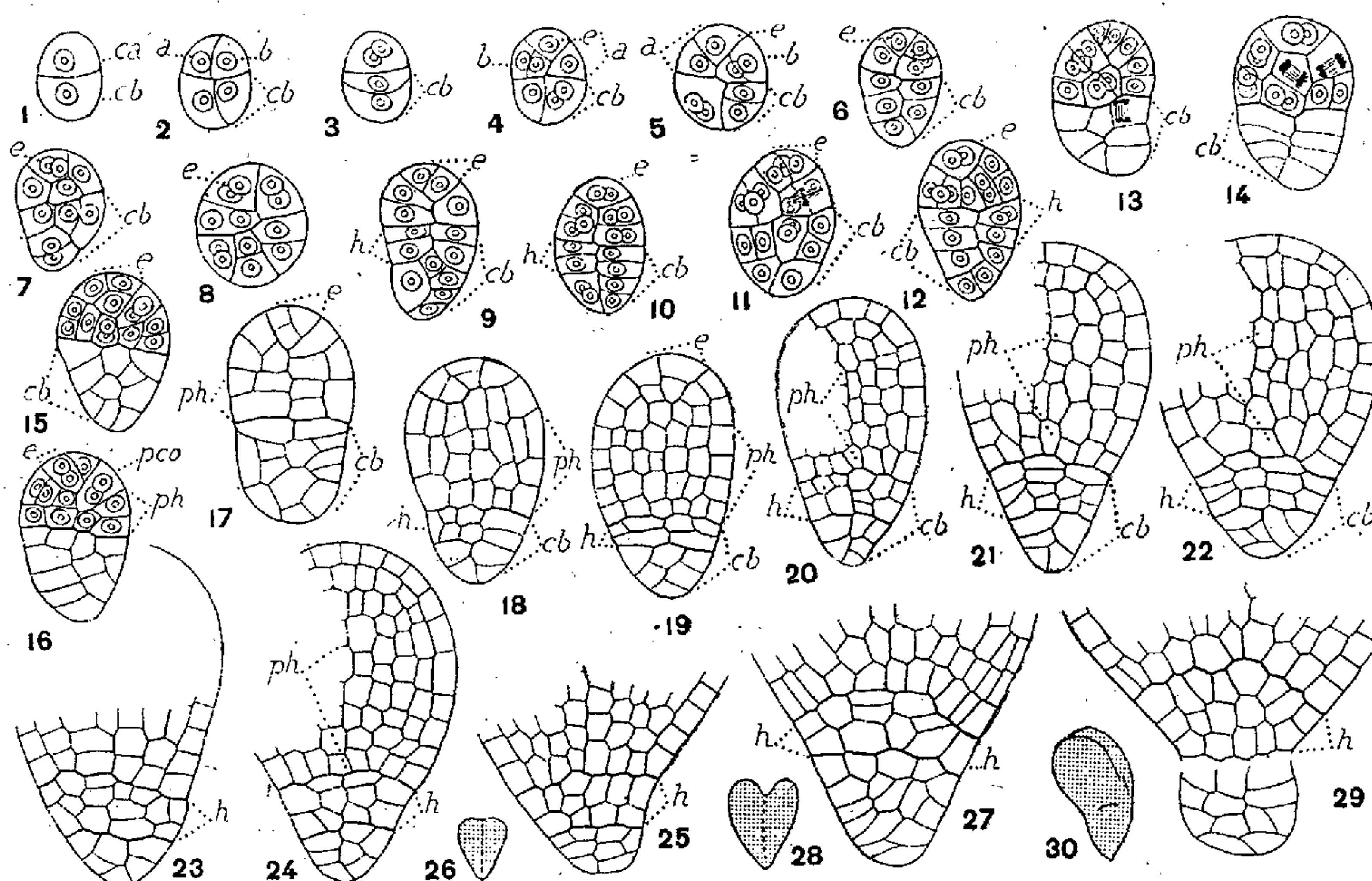


Fig. 1 à 30. — *Glycine Soja* Sieb. et Zucc. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *a* et *b*, cellules-filles de la cellule apicale, *ca*; *cb*, cellule basale ou suspenseur *sensu lato*; *e*, épiphyse; *h*, partie supésieure du suspenseur *sensu lato* ou hypophyse; *ph*, partie hypocotylée. En 26, 28, 30, aspect général de l'embryon d'où sont tirés les détails des figures 25, 27, 29. G = 290.

comme une cellule épiphysaire; la cellule *b*, par une cloison à direction verticale, a engendré deux éléments juxtaposés (*fig.* 4 à gauche, 5 à droite). Ces quatre nouveaux éléments correspondent à des quadrants; ils prennent normalement une disposition tétraédrique.

Aux stades suivants, il est difficile de déterminer exactement la marche de la segmentation. Dans la plupart des cas, on peut aisément se rendre compte des processus de division de l'épiphyse, qui, de l'état bicellulaire (*fig* 8, 9, 10, 12), passe à l'état tricellulaire (*fig.* 16) et quadricellulaire, puis, après formation de parois périclines (*fig.* 17 à 19) offre deux assises, l'une représentant l'épiderme, l'autre les premiers éléments de la tige épicotylée. Au niveau des trois quadrants sous-épiphysaires, on ne peut, de la même manière, se faire une idée de la filiation cellulaire. Dans cette région, arrivent parfois assez tôt (*fig.* 9, 10) à s'établir des cloisons transversales (*fig.* 15, 16) qui séparent une zone correspondant, sous l'épiphyse, à la partie cotylée proprement dite, *pco*, et, inférieurement une couche représentant la partie hypocotylée, *ph*. En 18 et 19, cette dernière couche, par divisions transversales, aurait produit deux, puis trois nouvelles assises; plus tard, ces assises, en se multipliant, se disposent irrégulièrement, de sorte qu'il devient bientôt difficile de déterminer leur nombre exact et même de distinguer toute ligne de démarcation entre parties cotylée et hypocotylée.

Les éléments issus de la cellule basale offrent dans leurs processus de segmentation les mêmes irrégularités. Au cours des premières divisions, apparaissent, en règle générale,

des cloisons transversales assez bien orientées (*fig.* 9, 10, 12, 18), qui permettent, dans toute cette région issue de *cb*, de faire deux parts : l'une, *h*, au voisinage de l'embryon proprement dit, qui se comporte comme un tissu hypophysaire, l'autre, à la base, qui représente le suspenseur *sensu stricto*. Un assez grand nombre de figures, relatives à des stades précédant ceux à partir desquels il n'est plus possible de reconnaître l'origine des éléments constitutifs de l'extrémité radiculaire, ont été reproduites (*fig.* 18 à 27), pour qu'on puisse se rendre compte du rôle que joue, dans la construction de cette extrémité, la partie supérieure, *h*, du suspenseur *sensu lato* qui procède de la cellule basale. Aux stades où cette partie comprend tout au plus 2-3 assises cellulaires (*fig.* 18, 20), si l'on fait abstraction des éléments périphériques qui nécessairement entrent dans la construction des parties latérales de la coiffe, on peut voir (*fig.* 21, 22, 24, 27), que les éléments médians, voisins de l'axe, prennent surtout des cloisons transversales, pour engendrer, supérieurement, une sorte de groupement en forme de dôme qui fait plus ou moins saillie dans la masse embryonnaire, arrivant au niveau des initiales du périblème, tandis que, inférieurement, ils donnent naissance à la partie la plus médiane de la coiffe. Le tissu tout entier, dérivé de *h*, se comporte ainsi, de manière évidente, comme une hypophyse véritable. Le massif cellulaire placé au-dessous produit, dans certains cas, un suspenseur excessivement réduit (*fig.* 25); parfois, par contre, le suspenseur forme un renflement plus ou moins accentué qui arrive à se détacher avant d'être finalement résorbé par l'albumen (*fig.* 29).

De ces observations il résulte que le *Glycine Soja* appartient à une famille embryogénique qui, jusqu'ici, n'a pas de représentants dans la classification périodique. Il vient se ranger, de manière évidente, dans la première période du système, et, en outre, dans le deuxième groupe embryogénique, étant données l'origine et la disposition des éléments de la tétrade produite à la deuxième génération à partir de l'œuf. D'un autre côté, par les destinées de la cellule basale qui engendre une hypophyse véritable et le suspenseur proprement dit, le Soja se rattache au mégarchétype IV et vient ainsi occuper, dans la classification, la case, libre encore, répondant à la définition de ce mégarchétype et à celle du deuxième groupe embryogénique. Les irrégularités que présentent ses formes embryonnaires, à partir du stade octocellulaire, ne permettent pas de le considérer comme l'archétype vraiment représentatif de la nouvelle famille embryogénique. Il importe maintenant de déterminer dans quelle mesure les caractères embryogéniques des autres Phaséolées viennent à l'appui ou s'écartent de ceux du Soja.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Variations de la teneur des organes du Rat en glutathion sous l'influence de l'alloxanne.* Note de MM. **Léon Binet, Georges Wellers** et Mlle **Madeleine Marquis.**

En 1930, R. Labes et H. Freisburger [1], constatant la facilité avec laquelle l'alloxanne réagit *in vitro* avec la cystéine et démontrant la présence du murexide dans les organes des souris et des grenouilles intoxiquées par

---

[1] *Arch. f. exp. Pathol.*, 156, 1930, p. 226.

l'alloxanne, ont émis l'hypothèse que *in vivo* l'alloxanne doit agir sur les fonctions thiols des tissus. Peu après, F. Lieben et E. Edel ([2]) ont montré que l'alloxanne réagit facilement *in vitro* avec les fonctions thiols libres des protéides. En 1937, H. de Caro et E. Rovida ([3]) ont vu que l'alloxanne provoque une diminution du taux du glutathion réduit dans le foie et l'intestin des rats intoxiqués par ce composé.

La découverte du diabète alloxannique par J. S. Dunn, H. L. Sheehan et N. G. B. Mc. Letchie ([4]) a ressuscité l'intérêt de ces premiers travaux. L'hypothèse de R. Labes et H. Freisburger a inspiré une série de travaux dans lesquels on essayait d'une part de s'opposer à l'effet diabétogène de l'alloxanne par l'emploi de doses massives de composés sulfhydrilés et d'autre part de mettre en évidence les modifications des composés sulfhydrilés des tissus sous l'effet de l'alloxanne. C'est ainsi que R. S. Leech et C. C. Bailey ([5]) ont constaté une forte baisse du glutathion réduit pendant les premiers instants qui suivent l'injection de 200^{mg} d'alloxanne par kilo de poids de Lapin. De leur côté G. Bruckmann et E. Wertheimer ([6]) sont arrivés à des conclusions analogues en ce qui concerne le sang chez les Rats. Cependant, contrairement aux conclusions de De Caro et Rovida, les auteurs américains n'ont pas observé de modifications de la teneur en glutathion réduit du foie, du rein et du pancréas des rats.

Il nous a semblé intéressant de reprendre l'étude de ce problème à cause de certaines contradictions existant entre les données de nos devanciers et aussi parce que ces derniers n'ont étudié que les variations de la fraction réduite du glutathion sans s'occuper de sa fraction oxydée et en limitant leurs recherches à un nombre trop restreint de tissus.

Nous avons choisi le Rat comme animal d'expérience. Les animaux ont reçu de l'alloxanne à la dose de 250 mg/kg par voie intrapéritonéale. Les dosages du glutathion réduit et du glutathion oxydé ont été faits suivant les méthodes décrites précédemment ([7]), ([8]).

Voici les résultats obtenus (en milligrammes pour 100^{g} de tissus frais) pour le glutathion réduit (GSH) et total (GT).

([2]) *Bioch. Zeits.*, **244**, 1932, p. 403.

([3]) *Boll. Soc. ital. Biol. sper.*, **12**, 1937, p. 611.

([4]) *Lancet*, 1943, p. 484.

([5]) *Jour. biol. Chem.*, **157**, 1945, p. 525.

([6]) *Jour. biol. Chem.*, **168**, 1947, p. 241.

([7]) L. Binet et G. Wellers, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1185; *Bull. Soc. Chim. biol.*, **16**, 1934, p. 1284.

([8]) L. Binet et G. Wellers, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 870; G. Wellers, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **29**, 1947, p. 812.

Nombre d'animaux.	Temps entre l'injection d'alloxanne et la mort.	Foie		Rein		Muscle		Cœur		Poumon		Sang	
		GSH.	GT.	GSH.	GT.	GSH.	GT.	GSH.	GT.	GSH.	GT.	GSH.	(
	Témoins	200,2	253,5	159,8	192,8	31,1	51,3	86,9	140,5	74,8	106,8	45,2	5
9......	2 à 5 min	218,6	273,3	141,8	182,5	18,5	36,8	57,3	121,0	63,2	85,5	30,0	5
9......	10 à 20 min	194,5	265,9	138,5	172,1	23,2	35,1	69,0	112,2	68,1	111,3	13,2	2
9......	30 à 60 min	236,9	307,9	124,4	161,8	26,6	48,0	79,5	146,3	70,5	109,7	12,3	2
9......	3 heures	197,2	230,2	131,6	154,2	17,3	33,8	86,3	121,2	85,9	111,1	37,1	5
3......	17 heures	196,6	253,0	164,9	199,0	30,8	56,7	86,2	137,9	67,8	118,7	27,7	5
3......	24 heures	181,7	277,9	168,0	199,1	33,7	44,0	81,7	102,7	74,7	103,4	43,1	5

Si l'on calcule les mêmes données en pour cent des taux moyens des animaux normaux de notre élevage, on obtient les chiffres suivants :

Temps entre l'injection d'alloxanne et la mort.	Foie		Rein		Muscle		Cœur		Poumon		Sang	
	GSH.	GT.	GSH.	GT.	GSH.	GT.	GSH.	GT.	GSH.	GT.	GSH.	G'
Témoins...	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	10(
2 à 5 min.	109,3	107,6	89,0	94,5	60,0	70,0	65,0	86,0	84,0	80,0	66,0	91
10 à 20 min.	97,2	104,9	86,6	89,0	74,5	68,5	80,0	80,0	91,0	104,0	30,0	77
30 à 60 min.	118,4	119,0	77,9	84,0	85,5	93,5	91,5	104,0	94,0	102,0	30,0	52
3 heures..	98,6	90,9	81,0	80,0	55,5	66,0	100,0	86,0	115,0	104,0	82,0	92
17 heures..	98,3	100,0	103,0	103,0	99,0	115,0	98,0	98,0	93,0	111,0	61,0	93
24 heures..	90,8	109,6	105,0	103,0	108,5	86,0	94,0	73,0	100,0	97,0	95,0	95

Ces données permettent de tirer plusieurs conclusions intéressantes. Tout d'abord, il est important de savoir si l'alloxanne modifie le taux de réduction du gluthation. En effet, à la suite de Lieben et Edel, on admet généralement que l'alloxanne oxyde simplement les composés thiols. Nos données montrent effectivement que l'alloxanne provoque une baisse certaine du taux du glutathion réduit, c'est-à-dire son oxydation. Le degré de cette oxydation est très inégal dans les différents organes : très fort dans le sang, considérable dans les muscles cardiaque et squelettiques, relativement moins important dans le poumon et le rein et insignifiant dans le foie. Étant donné que le taux maximum d'oxydation se manifeste pendant les premières minutes qui suivent l'injection d'alloxanne (2 à 5 minutes en ce qui concerne le muscle, le cœur et le poumon; 10 à 20 minutes dans le sang; 30 à 60 minutes dans le rein) il est logique de penser qu'il s'agit d'une réaction directe entre l'alloxanne et le glutathion réduit conformément à l'hypothèse de Lieben et Edel.

Cependant, l'action de l'alloxanne ne s'arrête pas là. En effet, le taux du glutathion total subit également des modifications et ces dernières traduisent une action destructrice de l'alloxanne. Cette destruction du glutathion se fait plus lentement que son oxydation. Nos données montrent que, non seulement la destruction du glutathion est toujours postérieure à son oxydation, mais que

dans la plupart des tissus (rein, muscles squelettiques et cardiaque) le maximum de cette destruction se manifeste vers la troisième heure après l'injection de l'alloxanne, c'est-à-dire à la période d'hypoglycémie correspondant à la destruction des cellules B des îlots de Langerhans. L'ensemble de ces faits permet de supposer que c'est l'alloxanne lui-même ou son produit de réduction formé par suite de l'oxydation du glutathion réduit, qui attaque ensuite le glutathion oxydé, cette seconde réaction étant irréversible.

Il nous semble logique d'admettre que les composés thiols autres que le glutathion, réagissent avec l'alloxanne de la même façon que ce dernier et que les cellules B du pancréas ne se distinguent pas fondamentalement des cellules du rein ou du muscle quant à leur comportement vis-à-vis de l'alloxanne, à savoir que leurs composés thiols subissent d'abord une oxydation rapide, suivie d'une destruction plus tardive et plus lente. S'il en est ainsi, la destruction des cellules B du pancréas s'accompagne non pas d'une oxydation de leurs composés thiols comme on l'admet souvent, mais de la destruction irréversible de composés disulfures vitaux soit préexistants, soit formés lors du stade précédent d'oxydation.

Nous voulons souligner les différences notables dans la réponse de divers tissus à l'injection d'alloxanne si l'on en juge d'après les variations du glutathion. C'est ainsi que le foie semble réagir d'une façon insignifiante; le rein et le poumon réagissent d'une manière modérée (maximum de baisse des deux fractions du glutathion de l'ordre de 20 %); les muscles cardiaque et squelettiques réagissent bien plus intensément (baisse de deux fractions du glutathion de l'ordre de 35 à 45 %) et enfin les hématies réagissent d'une façon massive (maximum de baisse des deux fractions du glutathion de l'ordre de 50 à 70 %). Nous croyons que ces inégalités peuvent s'expliquer en premier lieu par une différence de perméabilité des différents tissus à l'alloxanne. S'il en est ainsi, on peut penser que les cellules B du pancréas sont particulièrement perméables à l'alloxanne (d'une façon analogue aux hématies), ce qui suffit pour expliquer la spécificité relative des effets diabétogènes de l'alloxanne.

En conclusion, l'injection intrapéritonéale de 250^{mg} d'alloxanne par kilo de poids du Rat provoque :

1° une oxydation rapide du glutathion réduit, particulièrement massive au niveau des hématies, considérable au niveau des muscles squelettiques et cardiaque, moins importante au niveau du rein et du poumon et insignifiante au niveau du foie;

2° une destruction du glutathion toujours postérieure à son oxydation et ayant généralement son maximum vers la troisième heure après l'injection de l'alloxanne. D'un tissu à l'autre, le degré de cette destruction suit le même ordre que celui de l'oxydation;

3° les inégalités avec lesquelles les divers tissus subissent l'action oxydante

et destructive de l'alloxanne laissent à penser que la perméabilité des différentes cellules à l'alloxanne est très différente;

4° l'ensemble de faits observés permet de supposer que l'effet diabétogène de l'alloxanne est dû à son action destructrice sur les fonctions thiols ou disulfures des cellules B des îlots de Langerhans qui sont particulièrement perméables à cette substance.

M. **Louis de Broglie** dépose sur le Bureau l'*Annuaire pour l'an* 1950, publié par le Bureau des Longitudes.

M. **Gaston Julia** fait hommage de trois fascicules des *Cahiers scientifiques* publiés sous sa direction : le fascicule I : *Leçons sur quelques types simples d'équations aux dérivées partielles avec des applications à la Physique mathématique* et le fascicule III : *Leçons sur quelques équations fonctionnelles avec des applications à divers problèmes d'Analyse et de Physique mathématique*, par Émile Picard; le fascicule VIII : *Leçons sur la représentation conforme des aires simplement connexes*, par lui-même.

M. **Paul Montel** fait hommage d'un Ouvrage d'Henri Lebesgue intitulé : *Leçons sur les constructions géométriques professées au Collège de France en* 1940-1941, dont il a écrit la *Préface*.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **Maurice Javillier** est élu Vice-Président pour l'année 1950, par la majorité absolue des suffrages exprimés.

MM. **Émile Borel** et **Gabriel Bertrand**, par l'unanimité des suffrages, sont réélus Membres des Commissions administratives.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voix du scrutin, à l'élection d'un Académicien libre en remplacement de M. *Gustave Roussy*, décédé.

Le nombre des votants étant 68, le scrutin donne les résultats suivants :

	Nombre de suffrages		
	1er tour.	2e tour.	3e tour.
M. Antoine Lacassagne	27	32	35
M. Paul Lévy	24	31	32
M. Jean-Jacques Trillat	11	4	–
M. Georges Deflandre	3	–	–
M. Pierre Girard	1	–	–
Bulletins blancs	1	1	1
Bulletins nuls	1	–	–

M. **Antoine Lacassagne**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement de la République.

CORRESPONDANCE.

L'**Union française universitaire** invite l'Académie à se faire représenter à la cérémonie qui aura lieu au Panthéon, le 18 décembre 1949, pour commémorer l'anniversaire du décès de M. Paul Langevin.

La Section de Physique générale est désignée.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Constantin Levaditi. *Images électroniques en Microbiologie.*

2° Rémy Chauvin. *Physiologie de l'insecte. Les grandes fonctions, le comportement, écophysiologie* (présenté par M. Grassé).

3° Conseil international des Unions scientifiques. *Sixième rapport de la Commission pour l'étude des relations entre les phénomènes solaires et terrestres.*

4° *Arkiv för matematik* utgivet av K. Svenska Vetenskapsaks-akademien. Band I. Häfte 1.

5° *The science reports of the Tôhoku University*. Fifth Series. Geophysics. Volume I, number 1.

Il signale également quatre Ouvrages polycopiés :

1° Jean Hurault. *Conseils aux jeunes opérateurs géographes appelés à servir en Afrique équatoriale française (Zone des savanes). — Note sur la conduite d'une mission de reconnaissance dans l'intérieur de la Guyane.*

2° Jean Hurault et André Fribourg-Blanc. *Mission astrogéodésique de l'Oyapoc (Guyane française). Juillet à novembre 1947. Rapport de fin de mission.*

3° Jean Hurault et André Sausse. *Mission astrogéodésique du Maroni (Guyane française). Juillet à décembre 1948. Rapport de fin de mission.*

ALGÈBRE. — *Sur une propriété d'une équation algébrique; application à l'étude des oscillations dans les réseaux électriques.* Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Considérons l'équation

$$\| a_{jk}^{(0)} z^m + a_{jk}^{(1)} z^{m-1} + \ldots + a_{jk}^{(m)} \| = 0, \tag{1}$$

le déterminant étant d'ordre n et ses éléments constitués par des polynomes en z de degré m.

Nous nous proposons de donner des conditions suffisantes pour que les racines de l'équation (1) se trouvent à l'intérieur ou à l'extérieur du cercle unité.

Supposons que l'équation (1) soit satisfaite pour une certaine valeur de z; alors le système d'équations linéaires et homogènes en $X^{(1)}$

$$\sum_{k=1}^{n}(a_{jk}^{(0)}z^m+\ldots+a_{jk}^{(m)})X_k^{(1)}=0 \qquad (j=1,2,\ldots,n) \tag{2}$$

admet un ensemble de solutions non nulles en $X_j^{(1)}$.

En posant

$$z^p X_k^{(1)}=X_k^{(p+1)} \qquad (p=1,2,\ldots,m),$$

ce système est équivalent au suivant

$$\left\{\begin{array}{ll}\displaystyle\sum_{k=1}^{n}a_{jk}^{(0)}X_k^{(m+1)}+\sum_{k=1}^{n}a_{jk}^{(1)}X_k^{(m)}+\ldots+\sum_{k=1}^{n}a_{jk}^{(m)}X_k^{(1)}=0 & (j=1,2,\ldots,n)\\ \qquad\qquad -X_k^{(m+1)}+zX_k^{(m)}=0 & \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & (k=1,2,\ldots,n)\\ \qquad\qquad -X_k^{(2)}\quad+zX_k^{(1)}=0 & \end{array}\right. \tag{3}$$

qui admet des solutions non nulles en $X_k^{(1)},\ldots,X_k^{(m+1)}$ $(k=1,2,\ldots,n)$.

Pour qu'il en soit ainsi, il faut que l'on ait

$$\begin{vmatrix}\|a_{jk}^{(0)}\| & \|a_{jk}^{(1)}\| & \|a_{jk}^{(2)}\| & \ldots & \|a_{jk}^{(m-1)}\| & \|a_{jk}^{(m)}\|\\ -I_n & zI_n & 0 & \ldots & 0 & 0\\ 0 & -I_n & zI_n & \ldots & 0 & 0\\ . & \ldots & \ldots & \ldots & . & .\\ 0 & 0 & 0 & \ldots & -I_n & zI_n\end{vmatrix}=0,$$

la notation $\|a_{jk}^{(\lambda)}\|$ représentant le déterminant de la matrice formée avec les coefficients $a_{jk}^{(\lambda)}$ et I_n la matrice unité d'ordre n.

D'après un théorème classique de M. Hadamard, ce déterminant ne peut s'annuler si

$$|z|>1,$$

$$|a_{jj}^{(0)}|>\sum_{k\neq j}|a_{jk}^{(0)}|+\sum_{k}|a_{jk}^{(1)}|+\ldots+\sum_{k}|a_{jk}^{(m)}| \qquad (j,k,=1,2,\ldots,n).$$

Ainsi des conditions suffisantes pour que l'équation (1) ait ses racines à l'intérieur du cercle unité sont

$$|a_{jj}^{(0)}|>\sum_{k\neq j}|a_{jk}^{(0)}|+\sum_{k}|a_{jk}^{(1)}|+\ldots+\sum_{k}|a_{jk}^{(m)}| \qquad (j,k=1,2,\ldots,n) \tag{4}$$

On en déduirait immédiatement des conditions suffisantes pour que les racines de (1) soient en module inférieures à un nombre donné $\lambda > 0$.

La même méthode permet de donner également des conditions suffisantes pour que l'équation (1) ait ses racines à l'extérieur du cercle unité; elles s'écrivent

$$(5) \qquad |a_{jj}^{(m)}| > \sum_{k \neq j} |a_{jk}^{(m)}| + \sum_{k} |a_{jk}^{(m-1)}| + \ldots + \sum_{k} |a_{jk}^{(0)}| \qquad (j, k = 1, 2, \ldots, n)$$

et l'on peut également en déduire des conditions suffisantes pour que les racines de (1) soient supérieures en module à un nombre donné $\mu > 0$.

II. On sait que l'équation aux fréquences propres d'un réseau passif et dissipatif à n mailles indépendantes est du type (1) avec $m = 2$, le déterminant étant *symétrique*, d'ordre n et les coefficients du polynome en z *réels*.

Il est d'autre part connu que les matrices formées avec les coefficients $a_{jk}^{(0)}$, $a_{jk}^{(1)}$ et $a_{jk}^{(2)}$ sont définies positives et que par suite toutes les racines de (1) sont, dans le cas de $m = 2$, à partie réelle négative.

Des conditions suffisantes pour que ces racines soient en module inférieures à un nombre λ donné sont, comme on le voit facilement,

$$(6) \qquad \lambda^2 |a_{jj}^{(0)}| > \lambda^2 \sum_{k \neq j} |a_{jk}^{(0)}| + \lambda \sum_{k} |a_{jk}^{(1)}| + \sum_{k} |a_{jk}^{(2)}| \qquad (j, k = 1, 2, \ldots, n).$$

On pourra ainsi définir des réseaux maillés ayant des fréquences complexes inférieures en module à un nombre donné.

De même, des conditions suffisantes pour que ces racines soient, en module, supérieures à un nombre μ donné s'écrivent

$$(7) \qquad \frac{1}{\mu^2} |a_{jj}^{(2)}| > \frac{1}{\mu^2} \sum_{k \neq j} |a_{jk}^{(2)}| + \frac{1}{\mu} \sum_{k} |a_{jk}^{(1)}| + \sum_{k} |a_{jk}^{(0)}| \qquad (j, k = 1, 2, \ldots, n)$$

et l'on saura définir des réseaux dont les fréquences complexes sont supérieures, en module à un nombre donné.

De plus, μ et λ étant donnés ($\mu < \lambda$), on pourra choisir les coefficients $a_{jk}^{(l)}$ de façon que (6) et (7) soient satisfaites simultanément; on saura ainsi caractériser des réseaux maillés dont les fréquences complexes seront, en module, comprises entre les limites μ et λ.

Les considérations précédentes permettent enfin de construire les réseaux maillés dont les fréquences complexes se trouvent toutes à l'intérieur d'une circonférence ayant son centre sur l'axe réel et située tout entière à gauche de l'axe des imaginaires.

Ces résultats complètent ceux d'un travail antérieur où nous avons donné une méthode de calcul d'une limite supérieure de la partie réelle des fréquences complexes [1].

---

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1400.

THÉORIE DES GROUPES. — *Les classes de substitutions d'un groupe imprimitif et les bases d'un groupe imprimitif* saturé. Note (*) de Mlle **Sophie Piccard**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soit n un entier composé ≥ 4, soit G un groupe imprimitif de substitutions de degré n qui permutent les éléments $1, 2, \ldots, n$. Soit $E = \{1, 2, \ldots, n\}$, soit $E = E_1 + E_2 + \ldots + E_p$ une décomposition de l'ensemble E en systèmes d'imprimitivité de G, soit p le nombre de ces systèmes et soit k le nombre d'éléments que comprend chaque ensemble $E_i (i = 1, 2, \ldots, p)$. On a $kp = n$. Soit g le groupe de substitutions de degré p qui permutent les éléments $1, 2, \ldots, p$, associé à G et composé de toutes les substitutions $\sigma = (1, 2, \ldots, p / i_1, i_2, \ldots, i_p)$, telles qu'il existe au moins une substitution S de G qui transforme E_j en E_{i_j}, $j = 1, 2, \ldots, p$. On sait que les groupes G et g sont isomorphes. On établit un isomorphisme entre ces deux groupes en faisant correspondre à toute substitution S de G la substitution $\sigma = (1, 2, \ldots, p / i_1, i_2, \ldots, i_p)$ de g, telle que S transforme E_j en E_{i_j}, quel que soit $j = 1, 2, \ldots, p$. Nous dirons que la substitution σ de g est l'associée de la substitution S de G lorsqu'elle correspond à S dans l'isomorphisme indiqué de G à g. Soit S une substitution quelconque du groupe G. Nous dirons qu'elle est de classe C_{I} si elle est paire et qu'elle est de classe C_{II} si elle est impaire. Nous dirons que S est de classe C_{III} si la substitution S et son associée σ sont simultanément paires ou impaires et nous dirons que S est de classe C_{IV} si l'une des deux substitutions S, σ est paire et si l'autre est impaire. Enfin nous dirons que la substitution S est de classe C_{V} si la substitution associée σ est paire et nous dirons que S est de classe C_{VI} si la substitution associée σ est impaire ([1]). On démontre sans peine que si deux substitutions S et T de G font partie de la classe C_j ou de la classe C_{j+1} ($j = i$, iii, v), alors ST fait toujours partie de la classe C_j, alors que si l'une des deux substitutions S, T fait partie de la classe C_j, tandis que l'autre fait partie de C_{j+1}, la substitution ST appartient à C_{j+1}, $j = i, iii, v$.

Nous dirons que le groupe G est *saturé* par rapport aux systèmes d'imprimitivité $E_j (j = 1, 2, \ldots, p)$, s'il contient toutes les substitutions du groupe symétrique $\mathfrak{S}_n$ des substitutions des éléments $1, 2, \ldots, n$ qui admettent les ensembles $E_j (j = 1, 2, \ldots, p)$ pour systèmes d'imprimitivité. Si le groupe G est saturé par rapport aux systèmes d'imprimitivité $E_j (j = 1, 2, \ldots, p)$, la décomposition de l'ensemble E en systèmes d'imprimitivité de G est *unique* de sorte que le nombre p des systèmes d'imprimitivité et le nombre k d'élé-

(*) Séance du 28 novembre 1949.

([1]) La numérotation des classes de substitutions d'un groupe imprimitif que nous donnons ici est différente de celle de notre Note des *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 693-695.

ments que contient chacun de ces systèmes sont des invariants du groupe G. Tout groupe imprimitif saturé G contient des substitutions de chacune des six classes C_I, C_{II}, C_{III}, C_{IV}, C_V, C_{VI}. Les substitutions de chacune des classes C_I, C_{III}, C_V forment un sous-groupe distingué de G, dont l'ordre est égal à la moitié de l'ordre de G. Ces trois sous-groupes sont distincts. Deux substitutions conjuguées d'un groupe imprimitif saturé font simultanément partie de la même classe C_j ou C_{j+1}, quel que soit $j =$ I, III ou V.

Soit S une substitution quelconque du groupe imprimitif saturé G et soit σ la substitution associée à S du groupe g. Soit q le nombre total de cycles de S (y compris les cycles d'ordre 1) et soit s le nombre total de cycles de σ (y compris ceux d'ordre 1). La substitution S fait partie de la classe $C_I(C_{II})$ si le nombre $kp + q$ est pair (impair), elle fait partie de la classe $C_V(C_{VI})$ si le nombre $p + s$ est pair (impair); enfin S fait partie de la classe $C_{III}(C_{IV})$ si les nombres $kp + q$ et $p + s$ sont de même parité donc si le nombre $(k+1)p + q + s$ est pair (si les deux nombres $kp + q$ et $p + s$ sont de parité différente donc si $(k+1)p + q + s$ est un nombre impair). Toute substitution S du groupe G fait partie de l'une au moins des trois classes C_I, C_{III}, C_V. Donc, d'après ce qui précède, deux substitutions conjuguées d'un groupe imprimitif saturé G ne sauraient engendrer ce groupe ([2]). En particulier, deux substitutions circulaires de degré n ne sauraient engendrer un groupe imprimitif saturé. Cependant tout groupe imprimitif saturé est à *base du second ordre*, autrement dit possède des couples d'éléments générateurs, sans être jamais cyclique. Notamment si $p = 2$, le groupe G a pour base les deux substitutions $S = (1, 2, \ldots, n)$, $T = (1, 1 + p)$, quel que soit $k \geqq 2$. Si $k = 2$, alors que le nombre $p = n/2$ est quelconque, G a pour base les deux substitutions $S = (1, 2, \ldots, n)$, $T = (1, 2, \ldots, p - 1, 1 + p, 2 + p, \ldots, 2p - 1)$. Si $p = 3$ et si k est un entier quelconque, pair ou impair, > 2, G a pour base

$$S = [1, 2, 1+p, 2+p, \ldots, 1+(k-2)p, 2+(k-2)p][1+(k-1)p, 2+(k-1)p],$$
$$T = [1, 3, 1+p, 3+p, \ldots, 1+(k-1)p, 3+(k-1)p].$$

Si k est un nombre impair quelconque > 3 et si p est un entier quelconque > 3, G a pour base les deux substitutions

$$S = [1, 2, 3, 1+p, 2+p, 3+p, \ldots, 1+(k-1)p, 2+(k-1)p, 3+(k-1)p][4, 4+p]$$

et $T = (1, 2, \ldots, kp)$, si p est pair, ou

$$T = [1, 2, 4, \ldots, p, 1+p, 2+p, 4+p, \ldots, 2p, \ldots, 1+(k-1)p, 2+(k-1)p, 4+(k-1)p, \ldots, kp] \quad \text{si } p \text{ est impair.}$$

Enfin, si k est pair $\geqq 4$ et si p est un entier quelconque > 3, alors G a pour

([2]) De même deux substitutions conjuguées de tout groupe imprimitif Γ qui contient au moins une substitution de l'une des classes C_{II}, C_{IV}, C_{VI} ne sauraient constituer une base de Γ.

base les deux substitutions

$$S=[1,2,3,1+p,2+p,3+p,\ldots,1+(k-2)p,2+(k-2)p,3+(k-2)p]$$
$$[1+(k-1)p,2+(k-1)p,3+(k-1)p][4,4+p]$$

et $T=1,2,\ldots,n$.

Quels que soient les entiers $k\geqq 2, p\geqq 2$ le nombre total de bases du groupe imprimitif de substitutions des éléments $1,2,\ldots,n=kp$, saturé par rapport aux systèmes d'imprimitivité $E_i=\{i, i+p,\ldots, i+(k-1)p\}$, $(i=1,2,\ldots,p)$, est un multiple de l'ordre $N=p!(k!)^p$ de G, si $k>2$, ou un multiple de $N/2$, si $k=2$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Théorème de composition pour l'équation de Truesdell.* Note (*) de M. **Georges F. D. Duff**, présentée par M. Henri Villat.

Considérons les fonctions $F(z,\alpha)$ de deux variables complexes, qui satisfont à l'équation différentielle et aux différences finies

$$(1)\qquad \frac{d}{dz}F(z,\alpha)=F(z,\alpha+1),$$

qu'on appellera *l'équation* F. Truesdell a démontré dans son essai ([1]), qu'il existe une solution, et une seule, de cette équation, qui tend vers une fonction donnée $\Phi(\alpha)$ quand z tend vers zéro, $R(\alpha)>\alpha_0$. Cette solution s'exprime par la série

$$(2)\qquad F(z,\alpha)=\sum_{n=0}^{\infty}\Phi(\alpha+n)\frac{z^n}{\lfloor n},\qquad R(\alpha)>\alpha_0,$$

supposée convergente pour $|z|<R$. Posons $\Phi(\alpha)=F(y,\alpha)$; on a immédiatement la série génératrice de Truesdell :

$$(3)\qquad F(z+y,\alpha)=\sum_{n=0}^{\infty}F(y,\alpha+n)\frac{z^n}{\lfloor n},\qquad R(\alpha)>\alpha_0.$$

Dans cette Note je donne une généralisation de la formule (3), généralisation construite afin de donner la somme d'une série génératrice de la forme

$$(4)\qquad \sum_{n=0}^{\infty}F_1(x,\alpha+n)F_2(y,\alpha+n)\frac{z^n}{\lfloor n},$$

(*) Séance du 28 novembre 1949.

([1]) C. Truesdell, *An Essay toward a unified Theory of special Functions* (*Princeton University Press*, 1948).

$F_1(x, \alpha)$ et $F_2(y, \alpha)$ étant tous les deux solutions de l'équation F, et aussi la somme d'autres séries analogues.

On voit que les fonctions qui peuvent s'exprimer sous la forme d'une intégrale curviligne

$$\int_C w^\alpha e^{zw} f(w)\, dw, \tag{5}$$

constituent une classe assez large de solutions de l'équation F. Par exemple, on pourrait obtenir une telle représentation par l'inversion d'une intégrale de Mellin pour $\Phi(\alpha)$. Supposons qu'il y ait deux contours C_1, C_2 tels que, quand $u \in C_1$ et $v \in C_2$, le produit $uv \in$ un troisième contour C_3. Nous avons alors deux solutions correspondantes $F_1(x, \alpha)$, $F_2(y, \alpha)$ de l'équation F, données par deux intégrales (5), lesquelles soient admises comme absolument et uniformément convergentes si $x \sim 0$, $y \sim 0$, $R(\alpha) > \alpha_0$.

Théorème. — *Admettons qu'il existe une solution* $G(z, \alpha)$ *de l'équation* F *qui tende vers le produit* $F_1(x, \alpha)\ F_2(y, \alpha)$ *lorsque* $z \to 0$, $R(\alpha) > \alpha_0$. *Cette solution* $G(z, \alpha)$ *peut s'exprimer sous les cinq formes*

$$(6)\quad \left\{ \begin{aligned} G(z, \alpha) &= \int_{C_1} w^\alpha e^{xw} f_1(w)\, F_2(y + zw, \alpha)\, dw \\ &= \int_{C_2} w^\alpha e^{yw} f_2(w)\, F_1(x + zw, \alpha)\, dw \\ &= \int_{C_1}\int_{C_2} (uv)^\alpha e^{xu+yv+zuv} f_1(u) f_2(v)\, du\, dv \\ &= \int_{C_3} w^\alpha e^{zw} g(w)\, dw \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} F_1(x, \alpha + n)\, F_2(y, \alpha + n) \frac{z^n}{n} \qquad [R(\alpha) > \alpha_0], \end{aligned} \right.$$

où

$$g(w) = \int_{C_2} e^{\frac{xw}{u}} f_1\left(\frac{w}{u}\right) e^{yu} f_2(u) \frac{du}{u} = \int_{C_1} e^{\frac{yw}{u}} f_2\left(\frac{w}{u}\right) e^{xw} f_1(u) \frac{du}{u}, \tag{7}$$

et dont les deux premières et la quatrième suggèrent les notations

$$G(z, \alpha) = F_1(x, \alpha)^* F_2(y, \alpha) = \int_{C_3} w^\alpha e^{zw} [e^{xw} f_1(w)^* e^{yw} f_2(w)]\, dw.$$

[On écrit $f_i(w) = 0$ si $w \notin C_i$].

Démonstration. — Chacune des expressions ci-dessus existe pour des valeurs de x, y, z convenablement choisies, $R(\alpha) > \alpha_0$. Chacune satisfait à l'équation F, et tend vers $F_1(x, \alpha)$, $F_2(y, \alpha)$ quand $z \to 0$. On prend la précaution qu'aucun point singulier des intégrandes ne traverse ni C_1, ni C_2 au cours de ce passage à la limite. En vertu du théorème de Truesdell, ces expressions représentent une même fonction analytique de z pour toutes les valeurs de z pour lesquelles elles existent.

Ce théorème nous fournit plusieurs transformations pour les solutions de l'équation F. De plus, on pourrait trouver facilement d'autres généralisations des formules (6). Il y a un théorème analogue pour n solutions (5) de l'équation F. Puisque Truesdell a donné une liste étendue de solutions qui se rattachent aux fonctions spéciales usuelles, les formules telles que (6) se prêtent immédiatement à des applications diverses.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Note sur une formule opératoire nouvelle en calcul symbolique.* Note (*) de M. **Paul Delerue**, présentée par M. Henri Villat.

Nous appelons fonctions hyperbesséliennes d'ordre r les fonctions définies par

$$J_{\lambda_1,\lambda_2,\ldots,\lambda_r}=\frac{\left(\frac{x}{r+1}\right)^{\lambda_1+\lambda_2+\ldots+\lambda_r}}{\Gamma(\lambda_1+1)\ldots\Gamma(\lambda_r+1)}\,{}_0F_r\left[\lambda_1+1,\ \ldots,\ \lambda_r+1\,;\ -\left(\frac{x}{r+1}\right)^{r+1}\right].$$

En utilisant ces fonctions, nous avons obtenu les formules opératoires [où $\varphi(p)\subset f(x)$]

$$(1)\quad \varphi\left(\frac{1}{p^r}\right)\subset\frac{\Gamma\left(\frac{1}{r}\right)\Gamma\left(\frac{2}{r}\right)\cdots\Gamma\left(1-\frac{1}{r}\right)}{r^{\frac{r}{2}}}x^{\frac{r}{2}}\int_0^\infty J_{\frac{1}{r},\frac{2}{r},\ldots,\frac{r-1}{r},1}\left[(r+1)\sqrt[r+1]{\frac{Sx^r}{r^r}}\right]\frac{f(S)\,dS}{\sqrt{S}}$$

et plus généralement

$$(2)\quad p^r\varphi\left(\frac{1}{p^r}\right)\subset\Gamma\left(\frac{1}{r}\right)\Gamma\left(\frac{2}{r}\right)\cdots\Gamma\left(1-\frac{1}{r}\right)\left(\frac{x}{r}\right)^{\frac{r(r-1)}{2(r+1)}}$$
$$\times\int_0^\infty S^{\frac{r-1}{2(r+1)}}J_{0,-\frac{1}{l},\ldots,-\left(1-\frac{1}{r}\right)}\left[(r+1)\sqrt[r+1]{\frac{Sx^r}{r^r}}\right]f(S)\,dS.$$

$$(3)\quad p^{r(1-K)}\varphi\left(\frac{1}{p^r}\right)\subset\frac{1}{A}\frac{x^{\frac{r^2+(2K-1)r}{2(r+1)}}}{r^{\frac{(1-2K)r^2-r}{2(r+1)}}}\int_0^\infty S^{\frac{r-1-2Kr}{2(r+1)}}J_{K,K-\frac{1}{r},\ldots,K-\frac{(r-1)}{r}}\left[(r+1)\sqrt[r+1]{\frac{Sx^r}{r^r}}\right]f(S)\,dS,$$

où r est un entier positif, K un nombre positif quelconque et

$$A=\frac{\Gamma(kr)}{\Gamma(k)\Gamma\left(k+\frac{1}{r}\right)\cdots\Gamma\left(k+1-\frac{n}{r}\right)}.$$

Démontrons la formule (1) : la méthode est analogue pour (2) et (3). Par définition

$$\varphi\left(\frac{1}{p^r}\right)=\frac{1}{p^r}\int_0^\infty e^{-\frac{S}{p^r}}f(S)\,dS.$$

(*) Séance du 28 novembre 1949.

Or,

$$\frac{1}{p^r}e^{-\frac{S}{p^r}} = \frac{1}{p^r}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(-1)^n S^n}{p^{nr}\,n!} \subset \sum_{n=0}^{\infty}\frac{(-1)^n S^n x^{nr+r}}{n!\,(nr+r)!} = x^r\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(-1)^n S^n x^{nr}}{n!\,(nr+r)!}.$$

D'autre part,

$$J_{\frac{1}{r},\frac{2}{r},\ldots,\frac{r-1}{r},1}\left[(r+1)\sqrt[r+1]{\frac{Sx^r}{r^r}}\right]$$

$$= \frac{\sqrt{S}\left(\frac{x}{r}\right)^{\frac{r}{2}}}{\Gamma\left(1+\frac{1}{r}\right)\Gamma\left(1+\frac{2}{r}\right)\cdots\Gamma(2)}\,{}_0F_r\left(\frac{1}{r}+1,\frac{2}{r}+1,\ldots,2;-S\frac{x^r}{r^r}\right)$$

$$= \sqrt{S}\left(\frac{x}{r}\right)^{\frac{r}{2}}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(-1)^n S^n x^{nr}}{\Gamma\left(\frac{1}{r}+1+n\right)\Gamma\left(\frac{2}{r}+1+n\right)\cdots\Gamma(n+2)\,r^{nr}\,n!}.$$

Or,

$$\Gamma\left(\frac{1}{r}+1+n\right)\Gamma\left(\frac{2}{r}+1+n\right)\cdots\Gamma(n+2) = \frac{(nr+r)!}{r^r}\Gamma\left(\frac{1}{r}\right)\Gamma\left(\frac{2}{r}\right)\cdots\Gamma\left(\frac{r-1}{r}\right).$$

Donc

$$J_{\frac{1}{r},\frac{2}{r},\ldots,\frac{r-1}{r},1}\left[(r+1)\sqrt[r+1]{\frac{Sx^r}{r^r}}\right] = \frac{\sqrt{S}\left(\frac{x}{r}\right)^{\frac{r}{2}} r^r}{\Gamma\left(\frac{1}{r}\right)\Gamma\left(\frac{2}{r}\right)\cdots\Gamma\left(\frac{r-1}{r}\right)}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(-1)^n S^n x^r}{n!\,(nr+r)!},$$

et par conséquent

$$\frac{1}{p^r}e^{-\frac{S}{p^r}} \subset \frac{\Gamma\left(\frac{1}{r}\right)\Gamma\left(\frac{2}{r}\right)\cdots\Gamma\left(\frac{r-1}{r}\right)}{\sqrt{S}\,r^{\frac{r}{2}}}\,x^{\frac{r}{2}}J_{\frac{1}{r},\frac{2}{r},\ldots,\frac{r-1}{2r},1}\left[(r+1)\sqrt[r+1]{\frac{Sx^r}{r^r}}\right].$$

D'où, en multipliant les deux membres de cette égalité symbolique par $f(S)\,dS$ et en intégrant, on obtient la formule (1).

Application aux équations intégrales. — I. Envisageons par exemple l'équation intégrale (4), où $f(x)$ est la fonction inconnue

$$\frac{\Gamma\left(\frac{1}{2r}\right)\Gamma\left(\frac{2}{2r}\right)\cdots\Gamma\left(1-\frac{1}{2r}\right)}{(2r)^r}x^r\int_0^\infty J_{\frac{1}{2r},\frac{2}{2r},\ldots,\frac{2r-1}{2r},}\left[(2r+1)\sqrt[2r+1]{\frac{Sx^{2r}}{(2r)^{2r}}}\right]\frac{f(S)}{\sqrt{S}}\,dS$$

$$= \frac{\Gamma\left(\frac{1}{r}\right)\Gamma\left(\frac{2}{r}\right)\cdots\Gamma\left(1-\frac{1}{r}\right)}{r^{\frac{r}{2}}}x^{\frac{r}{2}}\int_0^\infty J_{\frac{1}{r},\frac{2}{r},\ldots,\frac{r-1}{r},}\left[(r+1)\sqrt[r+1]{\frac{Sx^r}{r^r}}\right]\frac{g(S)}{\sqrt{S}}\,dS.$$

Si l'on pose $f(x)\subset\varphi(p)$ et $g(x)\subset\theta(p)$ et si l'on applique à (4) la transformation de Carson, on aura, d'après (1),

$$\varphi\left(\frac{1}{p^{2r}}\right) = \theta\left(\frac{1}{p^r}\right) \qquad \text{ou} \qquad \varphi(q) = \theta(\sqrt{q}),$$

en posant $1/p^{2r} = q$ et

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi x}} \int_0^\infty e^{-\frac{S^2}{4x}} g(S)\, dS.$$

II. De même, si l'on applique la relation symbolique (3), on peut construire l'équation intégrale, qui, après transformation de Carson, donne

$$p^{2r(1-k)} \varphi\left(\frac{1}{p^{2r}}\right) = p^{r(1-k')} \theta\left(\frac{1}{p^r}\right),$$

ou, en posant $1/p^{2r} = q$

$$\varphi(q) = q^{\frac{1}{2}+\frac{k'}{2}-k} \theta(\sqrt{q}).$$

Donc, si $(1+k')/2 - k = n/2$ (n entier positif), la solution de l'équation intégrale sera

$$f(x) = \frac{1}{2^n x^{\frac{n+1}{2}} \sqrt{\pi}} \int_0^\infty e^{-\frac{S^2}{4x}} H_n\left(\frac{S}{2\sqrt{x}}\right) g(S)\, dS,$$

H_n polynome d'Hermite de degré n.

CALCUL INTÉGRAL. — *Deux formes de la transformation de Green.* Note (*) de M. **Clifford Truesdell**, présentée par M. Henri Villat.

1. Dans cette Note nous donnons deux formes assez générales de la transformation de Green d'une intégrale de volume en intégrale de surface, formes qui renferment plusieurs cas spéciaux connus et utiles en Mécanique et en Physique théorique.

2. Soit $\vec{b}$ un vecteur, et définissons ses *puissances polyadiques* $\vec{b}^{(n)}$ par

(1) $$\vec{b}^{(-1)} \equiv 0, \quad \vec{b}^{(0)} \equiv 1, \quad \vec{b}^{(1)} \equiv \vec{b}, \quad \vec{b}^{(2)} \equiv \vec{b}\,\vec{b}, \quad \vec{b}^{(3)} \equiv \vec{b}\,\vec{b}\,\vec{b}, \quad \ldots.$$

Soit Σ un polyadique (tenseur) d'ordre quelconque, et soit

(2) $$\left\{\Sigma \vec{b}^{(n)}\right\} \equiv \vec{b}^{(n)}\Sigma + \vec{b}^{(n-1)}\Sigma\vec{b} + \vec{b}^{(n-2)}\Sigma\vec{b}^{(2)} + \ldots + \Sigma\vec{b}^{(n)}.$$

3. En formant div $\left(\vec{b}.\vec{c}.\vec{r}^{(n)}\right)$ et grad $\left(\vec{b}.\vec{c}.\vec{r}^{n}\right)$, où $\vec{b}$ et $\vec{c}$ sont des champs vectoriels arbitraires et $\vec{r}$ le rayon vecteur, par deux applications du théorème de Green, il vient

(3) $$\oint_S \left[d\vec{S}.\left(\vec{b}\,\vec{c} + \vec{c}\,\vec{b}\right)\vec{r}^{(n)} - d\vec{S}.\vec{b}.\vec{c}\,\vec{r}^{(n)} \right]$$
$$= \int_V \left[\vec{b}\left\{\vec{c}\,\vec{r}^{(n-1)}\right\} + \vec{c}\left\{\vec{b}\,\vec{r}^{(n-1)}\right\} - \vec{b}.\vec{c}\left\{\vec{r}^{(n-1)}I\right\} \right.$$
$$\left. + \left(\mathrm{rot}\,\vec{c} \wedge \vec{b} + \mathrm{rot}\,\vec{b} \wedge \vec{c} + \vec{b}\,\mathrm{div}\,\vec{c} + \vec{c}\,\mathrm{div}\,\vec{b}\right)\vec{r}^{(n)} \right] dV.$$

(*) Séance du 28 novembre 1949.

Le cas spécial $n=0$, duquel on peut déduire plusieurs conséquences intéressantes, a été donné par Burgatti ([1]). Parmi ces conséquences se trouve le théorème IV d'une Note récente de M. Ratip Berker ([2]).

Dans le cas spécial $n=1$, posons $\vec{c}=\vec{b}$, $\operatorname{div}\vec{b}=0$. En prenant le scalaire du résultat nous obtenons la formule de Lamb ([3]) et de J. J. Thomson ([4]) pour l'énergie cinétique d'un milieu incompressible; en prenant le vecteur nous obtenons une formule de Poincaré ([5]).

4. On a

$$\operatorname{div}\left[\vec{b}\,\vec{r}^{(n+1)}\right] = \left\{\vec{r}^{(n)}\vec{b}\right\} + \vec{r}^{(n+1)}\operatorname{div}\vec{b}, \tag{4}$$

et par conséquent

$$\int_V \left\{\vec{r}^{(n)}\vec{b}\right\} dV = -\int_V \vec{r}^{(n+1)}\operatorname{div}\vec{b}\,dV + \oint_S d\vec{S}.\vec{b}\,\vec{r}^{(n+1)}. \tag{5}$$

L'intégrale à gauche est le *moment polyadique symétrisé* $n^{\text{ième}}$ de $\vec{b}$. Soit $\vec{b}$ le vecteur tourbillon $\vec{w}$ d'un mouvement d'un milieu continu quelconque; on a donc

$$\int_V \left\{\vec{r}^{(n)}\vec{W}\right\} dV = \oint_S d\vec{S}.\vec{W}\,\vec{r}^{(n+1)}, \tag{6}$$

et en conséquence le théorème suivant : *dans un mouvement d'un milieu continu quelconque dans un domaine borné* V *tel que : 1° le vecteur vitesse et ses dérivées premières soient continues; 2° la matière adhère aux parois* $(\vec{v}=0)$, *le moment* $n^{\text{ième}}$ *du vecteur tourbillon s'annule pour n quelconque.* On trouve ici une généralisation de résultats de A. Föppl ([6]) et de M. Ratip Berker ([7]).

([1]) *Boll. Un. Mat. Ital.*, **10**, 1931, p. 1-5.

([2]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1630-1632.

([3]) *A Treatise on the Mathematical Theory of the Motion of Fluids*, Cambridge, 1879, *voir* § 136.

([4]) *A Treatise on the Motion of Vortex Rings*, London, 1883, *voir* § 4.

([5]) *Théorie des Tourbillons*, Paris, 1893, *voir* § 115.

([6]) *Die Geometrie der Wirbelfelder*, Leipzig, 1897, *voir* 4 et 32.

([7]) Corollaire à son théorème II, *loc. cit.*

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Sur l'intégration numérique approchée par la méthode de Gauss généralisée et sur une extension de cette méthode.* Note (*) de M. **Jean Bouzitat**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. La méthode de Gauss généralisée, proposée par MM. Mayot et Mineur [1], consiste à adopter comme valeur approchée d'une intégrale définie

$$J = \int_a^b \theta(x)\,F(x)\,dx$$

une expression

$$I = H_0 F(x_0) + H_1 F(x_1) + \ldots + H_n F(x_n).$$

$x_0, x_1, \ldots, x_n$ sont les $(n+1)$ racines x_i du polynome $G_{n+1}(x)$ de degré $(n+1)$ appartenant à la suite des polynomes orthogonaux par rapport à la fonction de base $\theta(x)$ et à l'intervalle (ab).

Soit k_n le coefficient de x^n dans $G_n(x)$; soit I_n la norme de $G_n(x)$ par rapport à la fonction $\theta(x)$ et à l'intervalle (ab).

Nous avons obtenu les expressions suivantes des coefficients H_i :

$$H_i = \frac{k_{n+1}}{k_n}\,\frac{I_n}{G'_{n+1}(x_i)\,G_n(x_i)} = -\frac{k_{n+2}}{k_{n+1}}\,\frac{I_{n+1}}{G'_{n+1}(x_i)\,G_{n+2}(x_i)}.$$

2. On peut étendre cette méthode en faisant intervenir deux abscisses particulières (par exemple les extrémités a et b) dans le calcul approché d'intégrales telles que J au moyen d'expressions de la forme

$$I' = K_0 F(x_0) + K_1 F(x_1) + \ldots + K_n F(x_n).$$

Alors, pour que $I' = J$ si $F(x)$ est un polynome arbitraire de degré aussi élevé que possible, c'est-à-dire ici $(2n-1)$ au plus, on doit prendre pour $x_0, x_1, \ldots, x_n$ les $(n+1)$ racines x_j du polynome

$$R_{n+1}(x) \equiv \alpha G_{n+1}(x) + \beta G_n(x) + \gamma G_{n-1}(x),$$

où α, β, γ sont définis à un facteur près par la condition que les deux abscisses particulières choisies figurent parmi les x_j.

Nous supposons $\alpha \neq 0$ et les $(n+1)$ racines x_j distinctes. Alors :

$$K_j = \frac{1}{R'_{n+1}(x_j)} \int_a^b \theta(x)\,\frac{R_{n+1}(x)}{x - x_j}\,dx \qquad (j = 0, 1, 2, \ldots, n).$$

[*Si*, $\theta(x)$ *étant positive ou nulle en tout point de* (ab), *les deux abscisses* x_j

(*) Séance du 28 novembre 1949.

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 741.

imposées sont les extrémités de cet intervalle, toutes les racines x_j sont réelles, distinctes et contenues dans (ab)].

On voit que l'on peut, sans nuire à la généralité, supposer

$$G_n(x_j) \neq 0 \qquad \text{quel que soit } j = 0, 1, \ldots, n.$$

Nous avons obtenu, sous cette condition, l'expression suivante des K_j :

$$K_j = \left[\alpha \frac{k_{n+1}}{k_n} I_n - \gamma \frac{k_n}{k_{n-1}} I_{n-1}\right] \frac{1}{R'_{n+1}(x_j)\, G_n(x_j)}.$$

3. Dans le cas où les polynomes $G_n(x)$ sont des *polynomes hypergéométriques de Jacobi*, orthogonaux par rapport à l'intervalle $(0, 1)$ et à la fonction

$$\theta(x) = x^{q-1}(1-x)^{p-q} \qquad (q > 0,\ p - q > -1);$$

$$I_n = \frac{\Gamma(q)\Gamma(n+p-q+1)}{(2n+p)\Gamma(n+p)} \frac{n!}{q(q+1)\ldots(q+n-1)};$$

$$H_i = \frac{(2n+p+2) I_{n+1}}{x_i(1-x_i)[G'_{n+1}(x_i)]^2};$$

et, si les abscisses x_j sont les racines de $R_{n+1}(x) \equiv x(1-x)G'_n(x)$,

$$K_j = \lambda \frac{(2n+p) I_n}{n(n+p)[G_n(x_j)]^2}, \qquad \text{avec} \begin{cases} \lambda = 1 & \text{pour } x_j \neq 0 \text{ et } 1; \\ \lambda = q & \text{pour } x_j = 0; \\ \lambda = p - q + 1 & \text{pour } x_j = 1. \end{cases}$$

Enfin, si les abscisses x_j sont les racines de

$$R_{n+1}(x) \equiv x(1-x)\, G'_n(x) - (n+p)\, x G_n(x) \equiv \frac{(n+p)(n+q)}{2n+p+1} [(G_{n+1}(x) - G_n(x)],$$

$$K_j = \mu \frac{(2n+p) I_n}{(n+p)(n+q)} \frac{1-x_j}{[G_n(x_j)]^2}, \qquad \text{avec} \begin{cases} \mu = 1 \text{ pour } x_j \neq 0; \\ \mu = q \text{ pour } x_j = 0. \end{cases}$$

Ces résultats généraux s'appliquent en particulier, après le changement de variable $t = (1 - 2x)$, aux *polynomes de Legendre* $(p = q = 1)$ et aux *polynomes de Tchebyscheef* $(p = 0,\ q = 1/2)$, ainsi qu'à tous les autres cas signalés par MM. Mayot et Mineur [1].

4. Dans le cas où les polynomes $G_n(x)$ sont les *polynomes de Laguerre généralisés*, orthogonaux par rapport à l'intervalle $(0, +\infty)$, et à la fonction $\theta(x) \equiv e^{-x} x^{\alpha-1}$ $(a > 0)$,

$$I_n = n!\,\Gamma(n+\alpha);$$

$$H_i = \frac{I_{n+1}}{x_i[G'_{n+1}(x_i)]^2} = \frac{I_n}{(n+1)(n+\alpha)} \frac{x_i}{[G_n(x_i)]^2},$$

(1) *Pour les seuls polynomes de Legendre*, cette expression des H_i est établie par une autre méthode dans VALIRON, *Théorie des fonctions* (Masson, 1942), p. 222. On trouve aussi dans RADAU (*Journal de Math.*, 1880, p. 283-336) ces expressions des H_i et des K_j pour les polynomes de Legendre et de Tchebyscheef, et des H_i dans le cas plus général des polynomes de Jacobi.

et, si les abscisses x_j sont les racines de $R_{n+1}(x) \equiv x G'_{n+1}(x)$

$$K_j = \lambda \frac{I_n}{(n+\alpha)[G_n(x_j)]^2}, \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \lambda = 1 \text{ pour } x_j \neq 0; \\ \lambda = \alpha \text{ pour } x_j = 0. \end{cases}$$

5. Dans le cas où les polynomes $G_n(x)$ sont les *polynomes d'Hermite*, orthogonaux par rapport à l'intervalle $(-\infty, +\infty)$ et à la fonction $\theta(x) = e^{-x^2/2}$,

$$I_n = \sqrt{2\pi}.\, n! \quad \text{et} \quad H_i = \frac{I_{n+1}}{[G'_{n+1}(x_i)]^2} = \frac{I_n}{(n+1)[G_n(x_i)]^2}.$$

HYDRAULIQUE. — *Essais sur modèle réduit en liaison avec les observations en nature. Leur importance pour l'étude des courants de houle.* Note de M. **Jean Laurent**, présentée par M. Donatien Cot.

L'exactitude des essais sur modèle réduit en matière hydraulique repose sur la parfaite fidélité du modèle.

Avant de lui soumettre les problèmes qu'il est chargé de résoudre, il est indispensable de s'assurer qu'il reproduit très exactement les phénomènes de la nature. L'opération qui consiste à effectuer cette vérification, et au besoin à corriger les conditions de fonctionnement du modèle pour obtenir sa fidélité, s'appelle le tarage.

On conçoit donc qu'il soit absolument nécessaire de connaître, d'une façon précise, les caractéristisques d'un certain nombre des phénomènes naturels qui seront pris, en quelque sorte, comme repères.

Or, à l'occasion de nombreuses études que nous avons antérieurement réalisées, nous avons été frappé de l'absence d'observations systématiques permettant de caractériser, d'une façon nette, les phénomènes en question. Il en est tout spécialement ainsi en ce qui concerne les phénomènes se produisant aux abords des côtes : houle, courants, transports de sable.

Convaincu de l'intérêt capital qui s'attachait à ce que, avant même d'entreprendre une étude en modèle réduit, l'on disposât de toutes les données du problème, nous avons organisé, en annexe à notre Laboratoire, un service extérieur d'études sur le terrain, dont le but est d'observer les phénomènes naturels et de chercher à définir leurs rapports de causalité.

Le personnel de cette section comporte des spécialistes des différentes disciplines intéressées : océanographie, hydrographie, sédimentologie, etc. C'est la première fois, à notre connaissance, qu'une telle organisation a été réalisée.

C'est dans ces conditions que fonctionne, depuis plus d'un an, la mission, qu'à la demande de l'Administration des Travaux Publics du Maroc, nous avons chargée d'étudier le régime de la côte, plus spécialement aux abords des ports de Safi, Agadir, Medhia, actuellement en cours d'étude au Laboratoire Central d'Hydraulique. Cette mission étend même son action sur la côte du

Maroc espagnol, en vue de la correction du port d'Arcila, dont l'étude nous a également été confiée.

Dotée de puissants moyens en matériel (elle dispose en particulier d'un bateau hydrographique), bénéficiant des conseils de la Commission Scientifique du Laboratoire, cette mission a, pendant plus d'une année, soit au cours d'un cycle complet de phénomènes saisonniers, pu se livrer à de multiples observations qui lui ont permis de définir les relations existant entre les différentes causes (houle, courants, etc.), et leurs effets sur les transports de matériaux solides, et de déceler leurs origines.

Les conclusions générales de ces observations seront communiquées lorsque le dépouillement de l'ensemble des relevés aura été terminé, ainsi que les analyses des nombreux prélèvements d'échantillons.

La liaison étroite, la collaboration constante que nous avons tenu à réaliser entre le Laboratoire et la Mission, ont donné des résultats qui ont dépassé les espérances.

En effet, il est arrivé, dans de nombreuses circonstances, que les expériences sur modèle ont mis en évidence des phénomènes qui n'avaient jamais encore été observés en nature, ce qui s'explique par le fait que les moyens habituels d'investigation sont inapplicables par période de tempête.

Un exemple particulièrement frappant illustrera ce qui précède : une plage était érodée en un point bien déterminé pour une raison jusqu'alors inconnue; or, le modèle réduit représentant la zone intéressée, a montré que, par grosse houle, un courant prenait naissance et se dirigeait vers la plage à l'endroit même où celle-ci était érodée.

Nous avons pu ainsi préciser les endroits où des observations en nature devaient être effectuées. Celles-ci, limitées et localisées, sont devenues possibles. Ces observations ont prouvé l'exactitude des indications du modèle et ont fourni des valeurs quantitatives qui ont permis d'en parachever le tarage.

C'est ainsi que notre attention a été attirée sur l'existence de courants de houle qui prennent naissance dans des circonstances déterminées de direction et d'amplitude de houle, presque exclusivement d'ailleurs par gros temps. L'existence de ces courants n'a été jusqu'ici que très rarement signalée, en raison précisément de l'impossibilité dans laquelle on se trouve de procéder à des observations systématiques par forte houle.

Rappelons que l'on trouve quelques indications sur ces courants, dans une étude de M. Iribarren, qui les attribue à une surélévation du niveau moyen, provoquée par les vagues.

Nos études en modèle réduit, confrontées avec les travaux de notre Mission, nous ont montré que ces courants de houle ont une importance capitale sur les mouvements de sable entraînant l'envahissement des ports ou l'érosion des côtes, et nous en avons entrepris une étude systématique, dont nous ferons connaître ultérieurement les résultats.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur l'homogénéité spatio-temporelle dans les phénomènes ondulatoires et sur le problème des énergies négatives.* Note de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons, dans deux précédentes Notes, fait ressortir que, dans l'Univers de Minkowski, le hachage d'une onde équivaut à une diffraction par un hyper-écran du genre temps (1); la conservation de la longueur de la quadri-fréquence, équivalente à celle de la masse propre des corpuscules, transpose ici la conservation de la longueur d'onde (ou de son inverse) en théorie classique de la diffraction.

Dans ces calculs, les fréquences émergentes positives et négatives apparaissent de manière homogène, et toutes doivent être conservées pour qu'on ait un système complet; l'*électron à énergie négative*, notamment, apparaît avec la même interprétation que dans la nouvelle théorie de Feynman (2); l'annihilation d'une paire est assimilée à une diffusion, et, dans notre cas, l'énergie ainsi libérée doit être cédée au mécanisme de hachage. Dans nos calculs, comme dans ceux de Feynman, surgit la notion d'une *causalité avancée*, dont l'interprétation ne pourra qu'être ardue.

En guise de nouvelle approche à ce problème, nous allons développer quelques conséquences de nos raisonnements, et faire apparaître le lien étroit qu'elles ont avec le difficile problème d'interprétation soulevé par les belles expériences de diffusion de R. Lennuier (3).

Classiquement, un prolongement naturel de la théorie de la diffraction est celle des réseaux. Si λ_0 est le nombre de traits par centimètre d'un réseau ordinaire, ou *fréquence spatiale* du réseau, λ_i celle, dans la même direction, d'une onde plane incidente parallèle aux traits (4), λ_d celles, toujours dans la même direction, des ondes planes diffusées, qui sont également parallèles aux traits, un raisonnement simple donne immédiatement

$$\lambda_d = \lambda_i + n\lambda_0 \qquad (n \text{ entier quelconque}),$$

ce qui est l'expression la plus intuitive de la formule fondamentale des réseaux linéaires. De même, un prolongement naturel de la théorie *spatialisée* du hachage sera celle du *réseau temporel*, défini comme un phénomène périodique affectant, avec la fréquence propre ν_0, un point immobile dans un certain

(1) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 724-726 et 227, 1948, p. 1210-1212.
(2) *Physical Review*, 76, 1949, p. 749-759 et 769-789.
(3) *Annales de Physique*, 20, 1945, p. 91-110 et 2, 1947, p. 233-332.
(4) Nous disons *parallèle aux traits* et non *parallèle au plan des traits*.

repère galiléen G_0. Le même raisonnement que précédemment montre qu'une onde plane incidente de fréquence ν_i sera diffusée en superposition d'ondes sphériques de fréquences

$$\nu_d = \nu_i + n\nu_0 \qquad (n \text{ entier quelconque});$$

on vérifie aisément ce résultat en se reportant à la théorie de Fermi du choc d'un corpuscule contre un rotateur ([5]). Ainsi, pour un *ordre de diffusion* négatif n suffisamment élevé, le *réseau temporel* doit faire passer le corpuscule incident dans un état à fréquence négative.

En fait, les fréquences de rotateurs ν_0 sont toujours très basses devant les fréquences quantiques ν_i, et le module du n négatif devrait être très grand pour que le problème considéré se présente expérimentalement. La question s'améliore déjà si, maintenant, ν_0 désigne l'échelon de transition quantique d'un rotateur sphérique; les échelles, bien connues, de raies Raman de rotation illustrent ainsi fort clairement notre notion du *réseau temporel*. Mais, si l'on veut que le problème d'interprétation des fréquences négatives se présente avec acuité sur un cas concret, c'est évidemment vers un effet Raman atomique qu'il faut se tourner.

R. Lennuier a montré, par la théorie, classique et quantique, et par l'expérience, qu'on peut exciter une raie de résonance atomique $\nu_0 = \nu_2 - \nu_1$ au moyen d'une fréquence incidente ν_i différente de ν_0, mais voisine. Or, dans ce cas, la théorie quantique prévoit que le phénomène primaire est un effet Raman, comportant l'émission d'une raie $\nu_i - \nu_0$ ([6]); la présence, constatée, de la raie de résonance serait ainsi la preuve indirecte de celle de la raie Raman $\nu_i - \nu_0$ ([7]). Où le problème d'interprétation se pose avec acuité, c'est lorsqu'on a, comme R. Lennuier l'a effectivement réalisé, $\nu_i - \nu_0 < 0$.

Sans vouloir aucunement préjuger de la véritable interprétation du phénomène paradoxal découvert par R. Lennuier, nous avons voulu montrer l'intime parenté qu'elle doit avoir avec celles que postulent la théorie de Feynman et nos propres calculs.

([5]) *Voir* L. de Broglie, *La Mécanique ondulatoire des systèmes de corpuscules*, 1939, p. 99-105. La théorie de Fermi est non relativiste, et les fréquences négatives n'y apparaissent pas.

([6]) *Voir* L. de Broglie, *La Mécanique ondulatoire du photon*, 2, 1942, formule (15), p. 104.

([7]) Les règles de sélection interdiront, en général, la présence des mêmes niveaux fins dans la raie Raman, postulée, et dans la raie de résonance, expérimentalement constatée.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur le spectre des étoiles carbonées.* Note (*) de MM. **Roger Bouigue** et **Charles Fehrenbach**, présentée par M. André Danjon.

Une nouvelle bande de la molécule CN ayant été trouvée par G. Herzberg et J. G. Philips ([1]) dans l'infrarouge à 10933 Å, l'ancienne bande (0,0) à 9140 Å devient la bande (1,0); il en résulte une augmentation de 1 unité pour toutes les anciennes valeurs du nombre quantique v' du niveau supérieur $^2\Pi$. Aussi, en vue de comparer à la théorie les résultats obtenus par l'un de nous ([2]) sur des étoiles carbonées (classe C), nous avons repris les calculs des probabilités de transition pour le système rouge de CN à partir de l'expression donnée par Hutchisson ([3]) et des nouvelles constantes moléculaires données par les premiers auteurs pour le niveau supérieur. (Seule l'expression r_e a été modifiée : nous avons pris la valeur $r_e = 1,2297.10^{-8}$ cm qui nous a paru plus exacte.) En normalisant de telle manière que la probabilité de transition pour la bande (0,0), soit l'unité (1,000), on a pour les séquences étudiées :

Séquence 4	(4,0)	(5,1)	(6,2)	(7,3)	(8,4)
Probabilité	0,020	0,065	0,127	0,189	0,233
Séquence 5	(5,0)	(6,1)	(7,2)	(8,3)	(9,4)
Probabilité	0,004	0,019	0,046	0,083	0,125
Séquence 6	(6,0)	(7,1)	(8,2)	(9,3)	(10,4)
Probabilité	0,001	0,005	0,014	0,029	0,052

L'accord entre la théorie et l'expérience est bon pour la séquence +4 (*fig.* 1). Pour la séquence +5 l'accord est moins bon, mais la bande (5,0) n'est pas mesurable parce qu'elle coïncide avec une bande de Swan et la bande (7,2) coïncide avec les raies D de NaI. On trouve une température de 2300° pour quatre étoiles étudiées, en assez bon accord avec la température de 2000° déduite des mesures de bandes de Swan de C_2. La théorie faite avec les anciennes valeurs de v' ne permettait pas une détermination de température; elle semblait indiquer des températures nettement supérieures.

Seul semble subsister le désaccord entre les rapports d'intensités des bandes de ces deux séquences, ayant même niveau-origine : la séquence +5 reste 7 fois plus intense que ne le veut la théorie.

Cependant, il convient de remarquer que la théorie n'est valable que pour

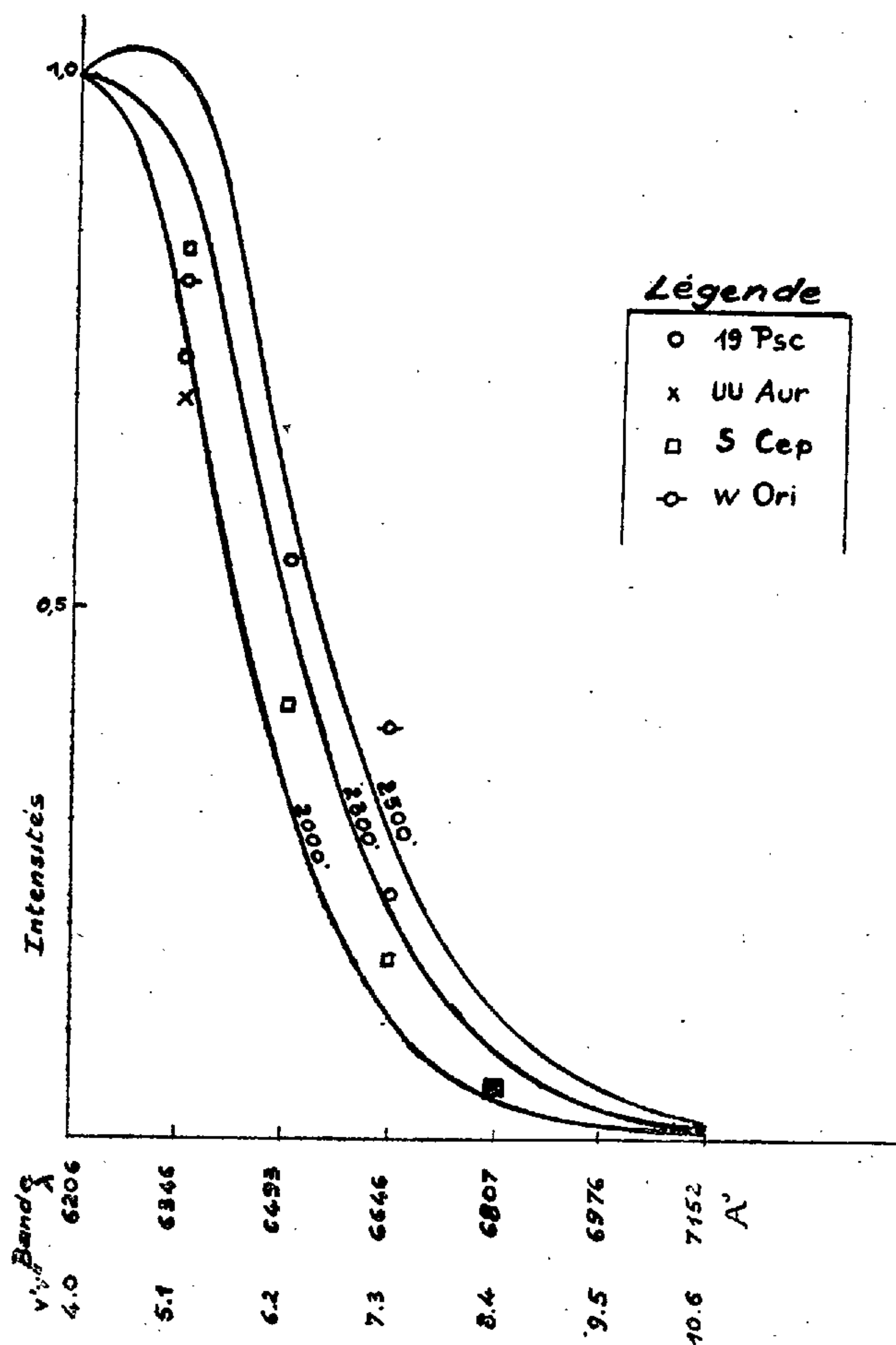
(*) Séance du 28 novembre 1949.

([1]) *A. J.*, 108, 1948, p. 163.

([2]) Mme A. Daudin et Ch. Fehrenbach, *Journal de Physique*, 9, n° 5, 1948.

([3]) *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 410.

les nombres quantiques faibles et que la difficulté relative à la fixation du fond continu rend imprécise la détermination des intensités.



Intensités des bandes de la séquence +4 de CN, rapportées à celle de la bande (4,0).

Nous avons fait plusieurs mesures en utilisant chaque fois un fond continu différent. Ces variations n'ont pas une grande influence sur les rapports d'intensités des premières bandes d'une séquence, mais par contre l'influence est plus importante lorsque l'on compare les bandes plus éloignées de deux séquences différentes.

Pour pouvoir se prononcer sur la nature de ce désaccord, il convient donc :

1° de mieux connaître les probabilités de transition pour ces bandes, soit théoriquement, soit expérimentalement;

2° de multiplier les mesures déterminant la position du fond continu d'une manière aussi précise que possible.

Dans ce sens, de nouvelles recherches sont en cours.

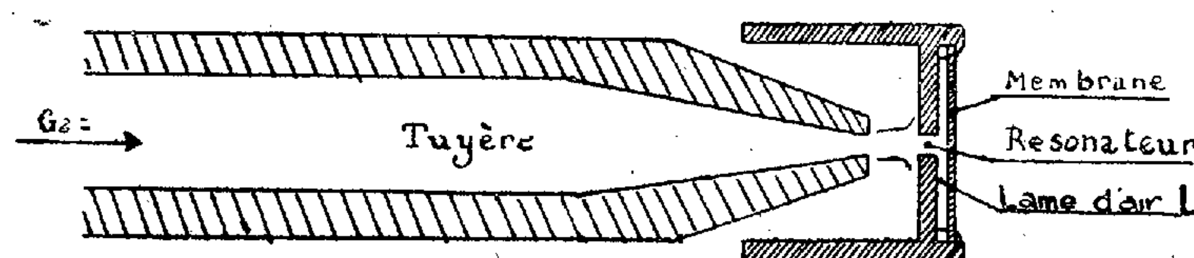
ACOUSTIQUE. — *Sur la production d'ultrasons au moyen de jets gazeux.* Note de MM. **Roger Kling** et **Jean Crabol**, présentée par M. Jean Cabannes.

C'est Galton qui semble avoir utilisé le premier un jet d'air pour la production d'ultrasons. On sait que dans le sifflet qui porte son nom, les vibrations d'un petit volume d'air sont excitées au moyen d'un jet annulaire dirigé sur le tranchant d'une lame circulaire.

Un dispositif plus puissant est celui de Hartmann dont la sirène est constituée, en principe, par un résonateur cylindrique de petites dimensions sur l'ouverture duquel on dirige un jet d'air supersonique. Hartmann a étudié en détail le fonctionnement de ce dispositif (1), (2), et il a montré que l'émission d'ondes ultrasonores, liée à la structure périodique du jet, ne pourrait avoir lieu que si l'ouverture du résonateur se trouvait dans certaines régions correspondant à une branche croissante de la courbe des variations périodiques de la pression d'arrêt dans le jet libre en fonction de la distance à la tuyère et qui sont des zones d'instabilité pour le résonateur.

Ehret et Hahnemann (3) ont modifié le dispositif de Hartmann en vue d'en augmenter la puissance et d'éviter l'effet souvent gênant du flux d'air qui accompagne le faisceau d'ultrasons. A cet effet les oscillations de pression à l'intérieur du résonateur ont été utilisées pour exciter en résonance les vibrations d'une membrane disposée contre le fond de la cavité et rayonnant directement dans le milieu extérieur. Le dispositif ainsi réalisé émettait sur une fréquence fondamentale de 5000 c/sec.

Cherchant à mettre au point un oscillateur du type précédent pour le domaine ultrasonore, nous avons été conduits à étudier l'influence sur le fonctionnement d'une sirène de Hartmann, d'une lame d'air L entre le fond du résonateur et le corps de celui-ci.



Le faisceau d'ultrasons produit par la sirène était rendu sensiblement parallèle au moyen d'un miroir parabolique, puis réfléchi sous incidence normale

(1) *Phil. Mag.*, (7), 2, 1931, p. 926.

(2) *The Acoustic Air-jet Generator*, Copenhague, 1939; *Ingenior-videnkabelige Skrifter* n° 4.

(3) *Jahrbuch der Deutschen Luftfahrtforschung*, 2, 1940, p. 455-470.

par une plaque plane; les ondes stationnaires étaient mises en évidence par une méthode strioscopique.

Il a alors été constaté qu'au fur et à mesure que l'épaisseur de la lame d'air augmentait, on obtenait des ultrasons à partir de pressions génératrices de plus en plus faibles. Pour une épaisseur assez faible de la lame L, la pression nécessaire est même notablement inférieure à la valeur minimum correspondant à un jet supersonique. La fréquence des vibrations (de l'ordre de 34 000 c/sec avec une tuyère convergente de $1^{mm},5$ de diamètre à l'extrémité et une pression absolue de 1,2 kg/cm^2), dépend relativement peu de l'épaisseur de la lame d'air et, par conséquent, du volume de la cavité supplémentaire introduite, vis-à-vis duquel le volume propre du résonateur devient rapidement négligeable.

Devant la faible influence du volume de la cavité résonnante, on a cherché à voir si l'émission ultrasonore subsistait en l'absence complète de cavité, c'est-à-dire par simple rencontre d'un jet et d'un obstacle, en particulier d'une plaque plane abordée normalement. C'est effectivement ce qui a été constaté, et ceci que le jet soit subsonique ou supersonique. Dans ce dernier cas, l'émission subsiste en dehors des intervalles d'instabilité du jet. Dans le domaine des fréquences élevées ainsi obtenues, l'intensité des ultrasons est de l'ordre de celles qui sont observées avec une sirène de Hartmann pour un même diamètre de tuyère, mais les fréquences sont, en général, supérieures. Ainsi avec une tuyère de $0^{mm},8$ de diamètre, on a observé pour une distance tuyère-plaque de 2^{mm} une fréquence de 220 000 c/sec avec une pression génératrice de 4,1 kg/cm^2, alors qu'avec une sirène de Hartmann constituée avec une tuyère et un résonateur de $0^{mm},7$, la fréquence ne dépassait pas 126 000 c/sec.

L'émission d'ultrasons par un jet supersonique rencontrant une plaque plane a été signalée par Hartmann dans le cas où la plaque se trouve à l'intérieur des intervalles d'instabilité du jet ([4]). Mais il semble que ce phénomène soit beaucoup plus général puisque nous l'avons observé en dehors de ces intervalles, en régime subsonique comme en supersonique et même pour d'autres formes d'obstacles, par exemple avec des sphères dont le diamètre, toujours supérieur à celui du jet, était cependant du même ordre.

Les observations précédentes ont permis de mettre au point pour les fréquences élevées, un oscillateur de faible puissance du type de celui de Ehret et Hahnemann, mais dans lequel le résonateur est supprimé, le jet d'air mettant directement en vibration la membrane.

Enfin en l'absence de tout obstacle on a pu mettre en évidence par la strioscopie, mais en régime supersonique seulement, des émissions d'ultrasons spécialement dans des directions peu différentes de celles des normales au jet.

L'ensemble des phénomènes qui viennent d'être signalés conduit à admettre

---

([4]) *Op. cit.* ([2]), p. 95 et 121.

qu'il existe d'autres modes d'émission d'ultrasons par les jets d'air que celui qui a été décrit par Hartmann. Il semble que l'on puisse rapprocher certaines des observations précédentes de celles qui ont été faites, en particulier, par Richardson ([5]), Carrière ([6]) et Brown ([7]) dans le domaine des très basses fréquences sur la production de sons par des jets d'air. Celle-ci serait liée à la formation de tourbillons engendrant des oscillations de relaxation intéressant certaines masses d'air. Si cette interprétation vaut en régime subsonique, la structure périodique d'un jet supersonique devrait conduire dans ce dernier cas à une explication de caractère sensiblement différent.

SPECTROSCOPIE. — *Utilisation d'un télescope électronique en spectroscopie infrarouge.* Note de MM. **Georges Déjardin** et **René Falcon**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'emploi des convertisseurs d'images en spectroscopie, suggéré dès 1936, n'avait fait l'objet que d'essais trop sommaires ([1]) pour mettre en évidence la valeur du procédé. Nous avons éprouvé celui-ci en nous adressant en premier lieu à l'oculaire simple (sans optique électronique) de la C[ie] E. M. I. Ltd. En présence des résultats encourageants ainsi obtenus ([2]), nous avons étendu notre investigation à un modèle de convertisseur muni d'un système de focalisation électrostatique et fonctionnant sous une tension beaucoup plus élevée.

Le télescope utilisé ([3]), du même type que le tube *Bild-wandler-triode* de l'A. E. G. ([4]), comporte une photocathode (Cs-O-Ag) semi-transparente concave (rayon de 115^{mm}), une électrode intermédiaire et une anode reliée à l'écran luminescent plan recouvert, sur sa face antérieure, d'une mince pellicule d'aluminium. Le dispositif d'alimentation comprend deux transformateurs haute tension actionnés par des autotransformateurs à variation continue branchés sur le secteur par l'intermédiaire d'un régulateur automatique de tension. L'électrode moyenne étant à la terre, on détermine les valeurs des tensions V_c et V_a qui, appliquées aux électrodes extrêmes, donnent lieu au maximum de netteté, sur l'écran, de la réplique d'une image (mire) formée en lumière infrarouge sur la photocathode.

Le télescope a été associé au spectrographe déjà employé ([2]) de telle sorte

([5]) *Proc. Phys. Soc.*, 43, 1931, p. 394.
([6]) *Revue Acoust.*, 5, 1936, p. 138.
([7]) *Proc. Phys. Soc.*, 49, 1937, p. 493.

([1]) A. Vasko, *Nature*, 158, 1946, p. 235 et Z. V. Harvalik, *Rev. Scient. Inst.*, 19, 1948, p. 254-257.
([2]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1417-1419 et 1857-1858.
([3]) Je dois ce tube à M. A. Lallemand.
([4]) Voir notamment : C. B. B. M. Sutherland et E. Lee, *Reports on Progress in Physics*, 9, 1946-47, p. 144-177; W. Schaffernicht, *Physikal. Blätter*, 4, 1948, 1, p. 4-10.

que la région 7500-12000 Å, d'une longueur de 22^{mm}, soit sensiblement au point sur couche photosensible, dont on utilise seulement la partie centrale. Le réglage définitif s'effectue en observant à la loupe l'image d'un spectre (argon) sur l'écran et en agissant, d'une part sur les organes mobiles du spectrographe, et d'autre part sur l'une des tensions V_c et V_a. Cette dernière ayant été fixée à 9000 V environ, les conditions optima ont été réalisées, par approximations successives, en donnant à V_c une valeur voisine de — 4000 V. Il a été nécessaire d'éloigner de plusieurs mètres le dispositif d'alimentation, afin d'éviter les perturbations magnétiques rendues plus sensibles par la proximité du socle de fonte du spectrographe. En général, l'écran a été photographié, sur plaque orthochromatique, à l'aide d'une chambre munie d'un objectif Hugo Meyer ouvert à f/1,9 et donnant une image agrandie dans un rapport excédant légèrement 2,5. Le grandissement du télescope étant lui-même voisin de 0,55, la région 7500-12000 Å occupe sur la plaque une longueur de 33^{mm}.

Nous avons examiné, dans ces conditions, les spectres de l'argon (tube de Plücker), du mercure (lampe à moyenne pression), de l'hydrogène et de l'azote (lampe de grande puissance déjà décrite). Les observations visuelles et l'étude approfondie d'un grand nombre de photographies conduisent aux conclusions suivantes :

1° Ainsi qu'on pouvait le prévoir, le télescope est beaucoup plus *lumineux* que l'oculaire simple fonctionnant sous une tension de 3000 V. Dans les mêmes conditions d'expérimentation (largeur de la fente du spectrographe, ouverture de l'objectif de la chambre photographique, nature de la plaque), on obtient des résultats sensiblement équivalents pour des durées de pose 30 fois plus faibles. En général, avec les sources indiquées et une fente assez fine (quelques centièmes de millimètre), les poses étaient de l'ordre de quelques minutes. Il a été possible, en prolongeant l'exposition, d'explorer plus complètement la région extrême comprise entre 10000 et 12000 Å. Par exemple, dans le cas du mercure, une pose de 15 minutes suffit pour faire apparaître, en dehors des fortes raies 10140 et 11286 Å, une dizaine de radiations beaucoup plus faibles s'étendant jusqu'à 12100 Å environ. Les raies de l'argon à 10470-10478 et 10674 Å ont été observées de la même manière, et la raie P_γ (10938 Å) de l'hydrogène a été fortement enregistrée.

2° La grande sensibilité du nouveau récepteur a permis de travailler avec une fente beaucoup plus fine. Quoique la dispersion linéaire *sur les clichés* (caractérisée par l'étendue de l'intervalle 7500-12000 Å) soit les 3/5 de celle qui avait été réalisée en employant l'oculaire, les spectrogrammes obtenus avec le télescope sont donc plus satisfaisants; leur aspect ne diffère guère de celui qui résulterait de l'enregistrement photographique *direct* du même domaine à l'aide de plaques appropriées. En particulier, les raies de l'argon sont remarquablement fines (séparation très nette des groupes 8104-8115 et 8408-8425 Å) et se détachent sur un fond parfaitement clair, bien qu'aucune

précaution n'ait été prise pour réduire la brillance générale de l'écran due à l'émission parasite de la photocathode. L'analyse du spectre du mercure est gênée par la présence d'un spectre continu, mais la plupart des radiations connues les plus intenses (25 raies ou groupes) peuvent être distinguées sans difficulté. Des détails supplémentaires apparaissent aussi dans le spectre secondaire de l'hydrogène et même dans la série de Paschen (identification des raies P_ζ à 9229 Å et P_η à 9015 Å). Enfin, la structure des bandes du premier système positif de l'azote commence à se manifester.

La comparaison de certains clichés montre que la définition intrinsèque du télescope est probablement supérieure à celle de l'oculaire essayé tout d'abord. Il convient toutefois de noter que l'on n'a fait intervenir que la portion centrale de la photocathode assez fortement courbée. Les irrégularités de l'écran luminescent (variations locales de brillance) apparaissent sur le fond continu de divers spectrogrammes, mais n'exercent qu'une faible influence sur le pouvoir de résolution.

RÉSONANCE OPTIQUE. — *La détection de la résonance magnétique des niveaux excités : l'effet de dépolarisation des radiations de résonance optique et de fluorescence.* Note de MM. **Jean Brossel** et **Alfred Kastler**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les effets de résonance magnétique, détectés par diverses méthodes (1), (2), (3), sont dus à des transitions spectrales entre les sous-niveaux magnétiques du niveau d'énergie fondamental des atomes, transitions induites par une oscillation électromagnétique de haute fréquence. Ces transitions, qui correspondent à l'absorption et à l'émission induite d'un rayonnement dipolaire magnétique, tendent à répartir également les atomes entre les divers sous-niveaux magnétiques, alors que le peuplement de ces sous-niveaux est régi, en abscence de ces transitions, par la formule de Boltzmann.

Dans une récente Note, F. Bitter (4) a attiré l'attention sur la possibilité de détecter optiquement le phénomène de résonance magnétique de niveaux atomiques excités. Une des méthodes les plus sensibles pour détecter le phénomène de la résonance magnétique d'un niveau atomique excité nous paraît être l'étude des modifications subies par la polarisation et l'intensité de la lumière de résonance optique issue de ce niveau lorsque les conditions de la résonance magnétique sont réalisées.

---

(1) I. Rabi, *Physical Review*, 49, 1936, p. 324; Kellogg et Millman, *Rev. Modern Physics*, 18, 1946, p. 323.
(2) F. Bloch, *Physical Rev.*, 70, 1946, p. 460.
(3) Purcel, Torrey et Pound, *Physical Rev.*, 69, 1946, p. 37.
(4) *Physical Rev.*, 76, 1949, p. 833.

En effet, les états de polarisation remarquables, rectilignes ou circulaires, présentés par les radiations de résonance optique ([5]) sont une conséquence du fait que la radiation excitatrice, lorsque son vecteur électrique a une forme déterminée et une orientation donnée dans l'espace, produit l'*excitation sélective de certains sous-niveaux magnétiques de l'état excité* ([6]). Les transitions induites par la résonance magnétique tendent à détruire cette sélectivité, et si les probabilités de passage de ces transitions atteignent l'ordre de grandeur des probabilités de retour au niveau fondamental par rayonnement, il en résulte une dépolarisation importante de la lumière émise, que des techniques classiques ([5]) permettent de constater et de mesurer. Le rapport de ces deux probabilités dépend d'une part de l'amplitude du champ magnétique oscillant de haute fréquence et, d'autre part, de la durée de vie des niveaux excités qu'on analyse. Pour obtenir un effet important, il y a intérêt à utiliser un champ oscillant intense et à opérer sur des niveaux excités de grande durée de vie.

Considérons l'exemple de la radiation de résonance d'intercombinaison 2537 Å ($6\,^3P_1 - 6\,^1S_0$) du mercure dont le niveau supérieur $6\,^3P_1$ a une durée de vie $\tau = 10^{-7}$ sec et se décompose dans un champ magnétique en trois sous-niveaux $m = -1$, 0 et $+1$, alors que le niveau fondamental $6\,^1S_0$ est simple.

Soit $Oxyz$ un trièdre trirectangle et considérons en O une cuve à vapeur de mercure éclairée suivant Ox par la radiation excitatrice 2537 Å à travers un prisme de nicol qui laisse passer uniquement le vecteur électrique excitateur Ey, parallèle à Oy. Un champ magnétique constant H_1 est dirigé suivant Oy et l'on observe l'intensité de la radiation de résonance optique rayonnée parallèlement à Oy. Pour les isotopes pairs du mercure l'excitation ne se fait, dans ces conditions, que par la composante Zeeman π et seul le sous-niveau du milieu $m = 0$ de l'état supérieur $6\,^3P_1$ est atteint. La radiation réémise ne contient donc que la composante π invisible suivant Oy. La faible intensité de la lumière de résonance observée dans ces conditions par un observateur placé sur Oy est due uniquement à la présence des isotopes impairs.

Si l'on établit un champ oscillant H_2 de façon à réaliser les conditions de la résonance magnétique du niveau $6\,^3P_1$, des transitions auront lieu de $m = 0$ vers les niveaux $m = \pm 1$ et les composantes σ apparaîtront dans la lumière de résonance optique et produiront un accroissement de l'intensité du rayonnement suivant Oy.

Les isotopes impairs du mercure et leurs propriétés nucléaires se manifesteront par une structure hyperfine, de ces maxima de résonance. Dans l'étude des raies D du sodium par le même procédé il convient de donner la préférence

---

([5]) P. Pringsheim, *Fluoreszenz u. Phosphoreszenz*, 3e édition, 1928, 4e Chapitre; Mitchell A. Zemansky, *Resonance Radiation and Excited Atoms*, 1934, 5e Chapitre.

([6]) A. Kastler, *Physica*, 12, 1946, p. 619.

à la méthode de polarisation circulaire et d'analyse circulaire de la lumière de résonance qui garantit une haute sélectivité des niveaux magnétiques excités (7). La méthode préconisée est applicable aux niveaux supérieurs de toutes les radiations de résonance optique et également aux niveaux atteints optiquement par excitation multiple (7^3S_1 de Hg) (6).

Dans le cas d'excitation électronique par des électrons de direction et de vitesse déterminées, l'existence d'une certaine polarisation du rayonnement émis (8) montre que l'excitation électronique, elle aussi, peut favoriser certains sous-niveaux magnétiques de l'état excité et l'on peut en tirer profit pour l'étude de la résonance magnétique de ces niveaux.

La technique que nous préconisons peut donc s'appliquer à l'analyse d'un grand nombre de niveaux excités et peut donner des renseignements sur leur effet Zeeman et sa structure hyperfine.

Mais il convient de remarquer que les bandes de résonance magnétique des niveaux excités sont plus larges que celles du niveau fondamental. Leur largeur dans l'échelle des fréquences est de l'ordre de la largeur naturelle des raies de résonance optique étudiées, soit $\Delta\nu = 1/\tau$, τ étant la durée de vie du niveau excité. Dans le cas du niveau 6^3P_1 du mercure ceci correspond à une largeur de bande d'une dizaine d'œrsteds à fréquence constante.

EFFET RAMAN. — *Spectres de vibrations et structure du carbonate acide de potassium*. Note de Mme **Lucienne Couture-Mathieu**, présentée par M. Jean Cabannes.

On connaît la structure du carbonate acide de sodium (1), mais non celle du carbonate acide de potassium. J. Dhar (2), par la technique des rayons X, a déterminé les dimensions de la maille élémentaire et le groupe de symétrie du cristal, C_{2h}^5 ($P2_1/a$); il existe quatre molécules dans la maille et les ions CO_3 ne possèdent, dans le cristal, aucun élément de symétrie.

L'étude, par effet Raman, d'un monocristal obtenu par évaporation lente d'une solution de carbonate acide de potassium, sous une atmosphère de gaz carbonique, a conduit aux résultats expérimentaux suivants :

Fréquences en cm^{-1}.	78.	84.	105.	112.	136.	186.	222.
Type	B_g	A_g	B_g	A_g	$A_g + B_g$	A_g	B_g
Intensité	TF	f	TF	m	f	F	f
Aspect	s	s	s	s	s	d	d

(7) W. Hanle, *Zeitschrift für Physik*, 41, 1927, p. 164.

(8) W. Hanle et K. Larché, *Handbuch der Radiologie*, 1re série, 6, p. 172, § 6.

(1) W. H. Zachariasen, *Journ. Chem. Phys.*, 1, 1933, p. 634.

(2) *Ind. Journ. Phys.*, 11, 1937, p. 187.

Fréquences en cm^{-1}.	635.	676.	1029.	1270.	1283.	1682.	1720.
Type	A_g+B_g	A_g+B_g	A_g	?	A_g	A_g	?
Intensité	m	m	F	F	F	f	F
Aspect	s	s	s	b	d	s	b

Les types sont donnés selon la notation de Placzek. On a employé les abréviations suivantes : TF, très forte; F, forte; *m*, moyenne; *f*, faible; *s*, raie fine; *d*, raie diffuse; *b*, bande large.

D'une façon générale, le spectre se différencie de celui des carbonates ioniques neutres; nous pensons cependant qu'il existe dans le cristal des ions CO_3^{--} liés entre eux par des liaisons hydrogène et non des ions CO_3H^-.

Toutes les raies, même les plus fines (*s*), sont nettement plus larges que celles des carbonates neutres. Presque toutes les fréquences de vibrations internes des ions CO_3 sont abaissées, en particulier celle de la vibration simple (ν_1) de l'ion qui passe de 1087 cm^{-1} dans la calcite à 1029 cm^{-1} dans CO_3HK. Les séparations de fréquence dues à l'abaissement de la symétrie de l'ion sont très grandes. Nous attribuons aux vibrations de déformation (ν_3) les raies 635 et 679 cm^{-1} (I. R. : 660 et 694 cm^{-1}) ([3]), aux vibrations de valence (ν_4) la raie large 1283 cm^{-1} et les deux bandes 1270 et 1720 cm^{-1} (I. R. : 1335 et 1591 cm^{-1}); enfin à l'harmonique de la vibration (ν_2) inactive la raie 1682 cm^{-1} (I. R. : 1648). Le fait le plus remarquable du spectre est la transformation subie par les vibrations ν_4 : les deux bandes ont pour largeur respective 300 et 400 cm^{-1}; l'intensité totale du groupe de bandes et de raies attribuée à ν_4 est 250 fois plus grande que dans la calcite. Nous attribuons cette transformation à la présence des liaisons hydrogène.

Une étude détaillée du spectre et des données cristallographiques sera publiée ultérieurement. Elle nous conduit à proposer une structure pour le cristal de CO_3HK : les ions CO_3 forment des chaînes parallèles à l'axe binaire du cristal; le plan des ions est approximativement perpendiculaire à la direction de la bissectrice aiguë des axes optiques; deux ions CO_3 voisins dans une même chaîne sont liés par une liaison hydrogène; la position moyenne des atomes d'hydrogène se trouve sur des centres de symétrie. En construisant un modèle, on trouve, pour les ions K^+, une position possible, où chaque ion K^+ est entouré de huit atomes d'oxygène; la règle des valences équilibrées de Pauling ([4]) est très approximativement vérifiée.

Les propriétés optiques et les trois clivages s'interprètent aisément à l'aide de ces données.

([3]) Nous désignons par I. R. les maxima d'absorption infrarouge (R. Duval, C. Duval et J. Lecomte, *Bull. Soc. Chim. France*, **10**, 1943, p. 517.)

([4]) *Journ. Am. Chem. Soc.*, **51**, 1929, p. 1010.

EFFET RAMAN. — *Nouvelles recherches relatives à l'influence de la conjugaison sur l'intensité des raies Raman.* Note de M[lle] **MONIQUE HARRAND**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons continué l'étude de l'influence de la conjugaison sur l'intensité des spectres Raman à l'aide de deux nouvelles séries de corps. Dans une Note précédente (1) nous avions comparé les spectres de carbures benzéniques possédant une chaîne latérale soit saturée, soit éthylénique, soit acétylénique. La conjugaison des liaisons non saturées entraîne une exaltation générale de l'intensité du spectre ainsi qu'une très grande exaltation de l'intensité des raies de fréquences comprises entre 1600 et 2500 cm^{-1}. Mais seules des liaisons carbone-carbone entraient en jeu dans cette étude. Nous avons donc cherché à savoir ce qui se passait si l'on conjuguait des doubles liaisons $C=C$ avec des doubles liaisons $C=O$. Pour cela nous avons étudié deux séries d'aldéhydes :

1° des aldéhydes aromatiques dont la fonction aldéhyde est ou n'est pas conjuguée au noyau benzénique par l'intermédiaire d'une double ou triple liaison carbone-carbone;

2° des aldéhydes aliphatiques dont le groupe $C=O$ est soit seul, soit conjugué avec le groupe $C=C$.

Le mode opératoire est identique à celui de l'étude précédente (1). Les produits, soigneusement préparés par M. Henri Martin, sont directement distillés dans le tube Raman.

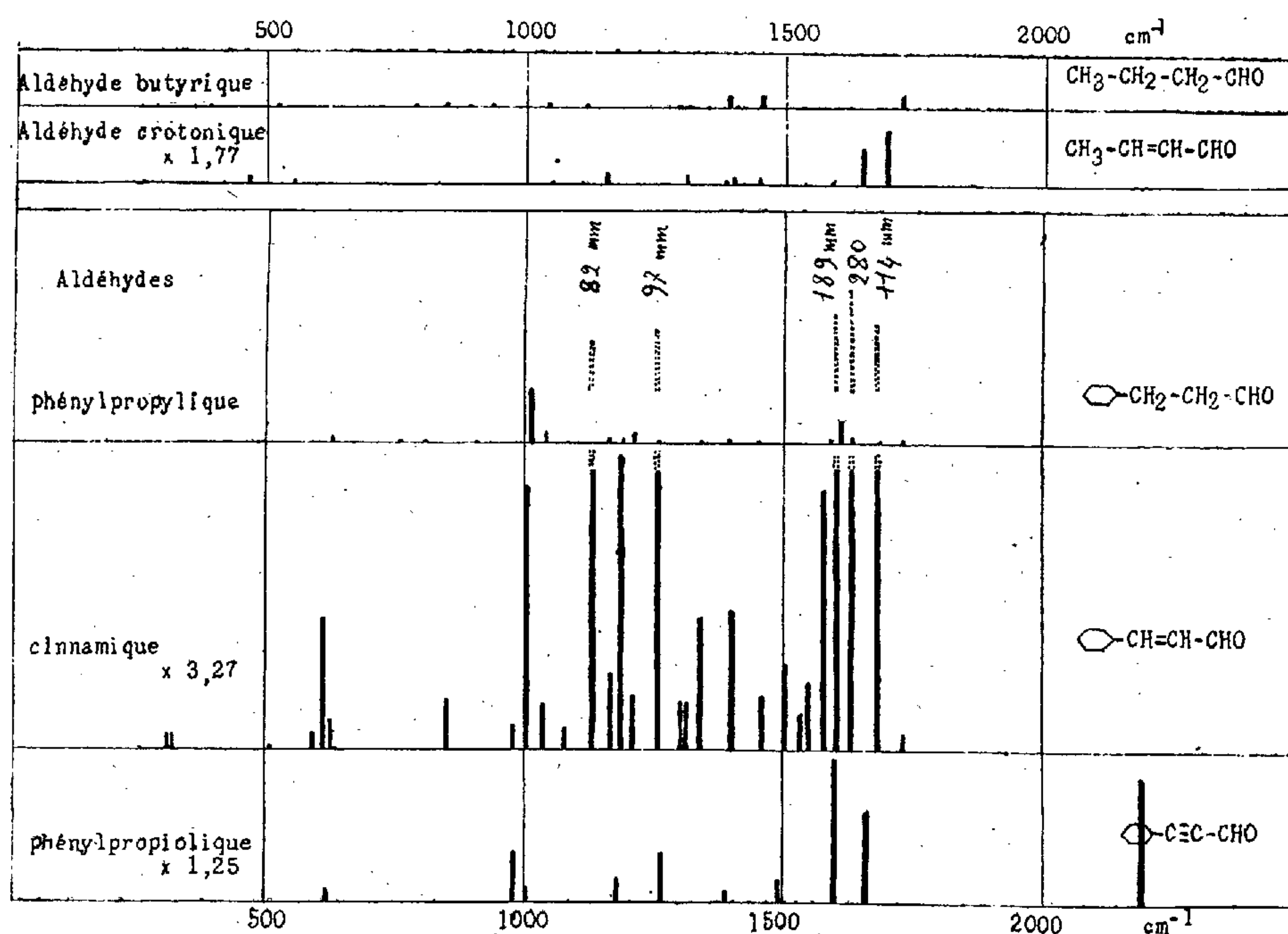
Les résultats expérimentaux sont les suivants :

1° *Aldéhydes aromatiques :* phénylpropylique ($C_6H_5—CH_2—CH_2—CHO$), cinnamique (C_6H_5-$CH=CH$-CHO), phénylpropiolique (C_6H_5-$C\equiv C$-CHO). — D'après la formule chimique on prévoit pour les deux derniers corps un spectre très intense, que l'on trouve effectivement, puisque la conjugaison est très importante. On constate en outre que le spectre de l'aldéhyde cinnamique est beaucoup plus intense que celui du styrolène (1) qui est pourtant très intense; mais dans le premier la chaîne conjuguée est plus longue. En dehors de toute mesure les temps de pose sont très significatifs, car le spectre de l'aldéhyde à chaîne saturée vient en 56 heures, alors que celui de l'aldéhyde cinnamique vient en deux heures. De même que pour le styrolène et le phénylacétylène, la double liaison de la chaîne latérale de l'aldéhyde cinnamique augmente plus l'intensité du spectre Raman, que la triple liaison de l'aldéhyde phénylpropiolique.

2. *Aldéhydes aliphatiques.* — Nous avons entrepris cette étude pour voir l'influence de la conjugaison de deux doubles liaisons de nature différente. L'aldéhyde crotonique ($CH_3—CH=CH—CHO$) possédant une liaison $C=C$ et une liaison $C=O$ conjuguées a été comparé à l'aldéhyde butyrique

(1) M. HARRAND, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 187.

($CH_3-CH_2-CH_2-CHO$) ne possédant que la double liaison $C=O$. Le spectre du premier est plus intense que celui du second, et la fréquence de CO est abaissée de 30 cm^{-1} dans l'aldéhyde crotonique. Il est à remarquer que l'addition d'une double liaison à l'aldéhyde butyrique donne une exaltation plus faible de l'intensité du spectre que l'addition d'une double liaison à un corps aromatique (la conjugaison existant dans les deux cas).



Sur la figure les intensités sont rapportées pour chaque spectre à une raie de diffusion Rayleigh du mercure. Les nombres inscrits sous les noms des corps indiquent le rapport d'intensité de ces raies de diffusion. Les intensités Raman vraies sont obtenues en multipliant les intensités relatives de la figure par ces nombres. On voit combien ce phénomène de conjugaison est intense dans le cas de l'aldéhyde cinnamique dont certaines raies ne peuvent être tout entières dessinées; leur hauteur est indiquée en millimètres (réduction de la figure 1/2).

ÉLECTROOPTIQUE. — *Sur la propagation des ondes électromagnétiques dans les milieux ferromagnétiques.* Note de M. **Henri Arzeliès**, présentée par M. Jean Cabannes.

J'ai donné [1] des formules de première approximation pour l'étude des milieux magnétiques. Pour les obtenir, j'ai admis que l'action du champ

[1] *Ann. Phys.*, 1947, p. 139 (abréviation R. S.).

magnétique *de l'onde* pouvait être caractérisée par une perméabilité magnétique μ réelle. J'annonçais dans un autre Mémoire ([2]) une étude plus générale dont voici les résultats ([3]).

L'introduction de l'inertie de rotation des ions permet de définir deux paramètres magnétiques m et n analogues aux paramètres électriques p et q, sous réserve de certaines hypothèses restrictives. Ces deux paramètres, déjà envisagés par divers auteurs ([4]), ne semblent pas avoir été introduits dans une étude générale des phénomènes de propagation. Il était utile de combler cette lacune.

Dans l'état actuel des données expérimentales, les formules à un seul paramètre magnétique μ (Mémoire R. S.) sont valables pour les ondes hertziennes de longueur suffisante; la nécessité des deux paramètres magnétiques m et n apparaît avec les ondes hertziennes courtes et dans l'infrarouge lointain. Dans le spectre visible, il suffit généralement d'utiliser la perméabilité μ_0 du vide.

Avec deux paramètres magnétiques les six premières équations du système algébrique linéaire équivalent, pour une onde sinusoïdale, aux équations de Maxwell (*R. S*, p. 139), s'écrivent

$$-(jb+\beta)\mathcal{M}_z+(jc+\gamma)\mathcal{M}_y=j\frac{k_0}{c_0}(p-jq)\mathcal{E}_x, \tag{1}$$

. . . .

$$-(jb+\beta)\mathcal{E}_z+(jc+\gamma)\mathcal{E}_y=-jV\frac{\mu_0}{c_0}(m-jn)\mathcal{M}_x, \tag{4}$$

. . . .

Nous avons légèrement modifié les notations pour simplifier : les a, b, c remplacent les α, β, γ; les α, β, γ remplacent les α_1, β_1, γ_1. De plus le système ainsi écrit (avec c_0) est valable pour plusieurs systèmes d'unités ([5]).

Les amplitudes complexes des deux ondes principales sont pour l'onde I (vecteur électrique polarisé rectilignement)

$$\mathcal{E}_y=\mathrm{E}\quad(\mathrm{E}\ \text{réel}),\qquad \mathcal{E}_x=\mathcal{E}_z=\mathcal{M}_y=0;$$
$$\mathcal{M}_x=-c_0\frac{jc+\gamma}{jV\mu_0(m-jn)}\mathrm{E},\qquad \mathcal{M}_z=c_0\frac{j\alpha+\alpha}{jV\mu_0(m-jn)}\mathrm{E}.$$

Les formules générales de la réflexion et de la réfraction (deux milieux

---

([2]) *Ann. Phys.*, 1947, p. 540.

([3]) Le développement de la théorie fera l'objet d'une publication ultérieure plus complète.

([4]) Un bon point de départ bibliographique, pour les travaux antérieurs à 1945, ceux d'Arcadiew en particulier, se trouve dans le Mémoire d'ALLANSON (*J. Inst. El. Eng.*, 92, 1945, p. 247).

([5]) *Ann. Phys.*, 1948, p. 638 (abréviation R. P.).

absorbants) deviennent pour l'onde 1 :

$$\mathcal{E}' = \frac{1 - \mathcal{K}_1}{1 + \mathcal{K}_1} E_1, \qquad \mathcal{E}_2 = \frac{2}{1 + \mathcal{K}_1} E_1,$$

$$\mathcal{K}_1 = \frac{jc_2 + \gamma_2}{jc_1 + \gamma_1} \frac{m_1 - jn_1}{m_2 - jn_2} \frac{V_1}{V_2}.$$

Pour l'onde 2 les formules du Mémoire R. P. restent valables. La vitesse de propagation commune aux deux ondes est

$$V = c_0 \sqrt{\frac{1 - \Gamma^2}{K_0 \mu_0 (pm - qn)}}.$$

Le cas particulier le plus intéressant est celui qui suppose le premier milieu transparent (paramètres p_1, m_1), le deuxième, absorbant (p_1, q_1, m_1, n_1). Posons

$$p = \frac{p_2}{p_1}, \qquad q = \frac{q_2}{q_1}, \qquad m = \frac{m_2}{m_1}, \qquad n = \frac{n_2}{n_1}.$$

Nous obtenons alors, pour déterminer l'angle de réfraction et le coefficient d'extinction de l'onde réfractée :

$$\frac{\sin^2 i}{\sin^2 r} = \nu^2 + \sin^2 i, \qquad \gamma_2^2 = \frac{\chi^2}{\nu^2 + \sin^2 i},$$

avec

$$2\nu^2 = \nu_0^2 - \chi_0^2 - \sin^2 i + \sqrt{(\nu_0^2 - \chi_0^2 - \sin^2 i)^2 + 4\nu_0^2\chi_0^2},$$

$$2\chi^2 = -(\nu_0^2 - \chi_0^2 - \sin^2 i) + \sqrt{(\nu_0^2 - \chi_0^2 - \sin^2 i)^2 + 4\nu_0^2\chi_0^2},$$

$$\nu_0^2 - \chi_0^2 = pm - qn, \qquad 2\nu_0\chi_0 = pn + qm.$$

Ce sont les mêmes formules que pour n nul, et cela est assez remarquable; toutefois ν_0 et χ_0 n'ont évidemment pas la même expression en fonction des paramètres.

Les amplitudes complexes des vecteurs polarisés rectilignement sont déterminées par :

onde 1 :

$$\mathcal{E}' = \frac{(m\cos i - \nu) - j(n\cos i - \chi)}{(m\cos i + \nu) - j(n\cos i + \chi)} E_1, \qquad \mathcal{E}_z = \frac{2(m - jn)\cos i}{(m\cos i + \nu) - j(n\cos i + \chi)} E_1;$$

onde 2 :

$$\mathcal{M}' = \frac{(p\cos i - \nu) - j(q\cos i - \chi)}{(p\cos i + \nu) - j(q\cos i + \chi)} H_1, \qquad \mathcal{M}_z = \frac{2(p - jq)\cos i}{(p\cos i + \nu) - j(q\cos i + \chi)} H_1.$$

L'amplitude réelle des vecteurs réfractés polarisés elliptiquement est :

onde 1 :

$$\mathcal{M}_z^2 = \frac{4\cos^2 i(\nu^2 + \chi^2 + \sin^2 i)}{(m\cos i + \nu)^2 + (n\cos i + \chi)^2} H_1^2;$$

onde 2 :

$$E_z^2 = \frac{4\cos^2 i(\nu^2 + \chi^2 + \sin^2 i)}{(p\cos i + \nu)^2 + (q\cos i + \chi)^2} E_1^2.$$

RADIOACTIVITÉ. — *Inclusions à faible teneur en uranium contenues dans des granites.* Note (*) de M. **René Coppens**, présentée par M. Frédéric Joliot

Trois précédentes Notes ([1]) ont signalé dans les roches éruptives la présence d'inclusions radioactives soit à très forte teneur en uranium (75 %) ou en thorium (70 %), soit à faible teneur en thorium (1 %).

L'étude des plaques photographiques impressionnées par des granites polis met en évidence l'existence de cristaux de dimensions réduites variant de quelques centaines à quelques milliers de microns carrés et contenant quelques centièmes d'uranium.

Certains de ces cristaux se sont trouvés au contact de l'émulsion et l'évaluation de la surface n'a présenté aucune difficulté. D'autres cristaux ont été, au moment de la pose, séparés de la plaque photographique par une mince couche d'air ou de matière inerte. En ce cas cependant, nous avons encore pu en déterminer les dimensions approximatives en prolongeant les trajectoires les plus voisines de la source.

En examinant les rayons α (plus de 2000) émis par des inclusions de ce type trouvées dans deux granites polis, nous n'avons pas observé un seul rayon provenant certainement du thorium C', c'est-à-dire ayant dans l'air un parcours supérieur à 7^{cm}.

Nous avons donc été conduit à admettre que ces inclusions contenaient de l'uranium avec peu ou pas de thorium.

Les mesures et les calculs conduisent aux résultats suivants :

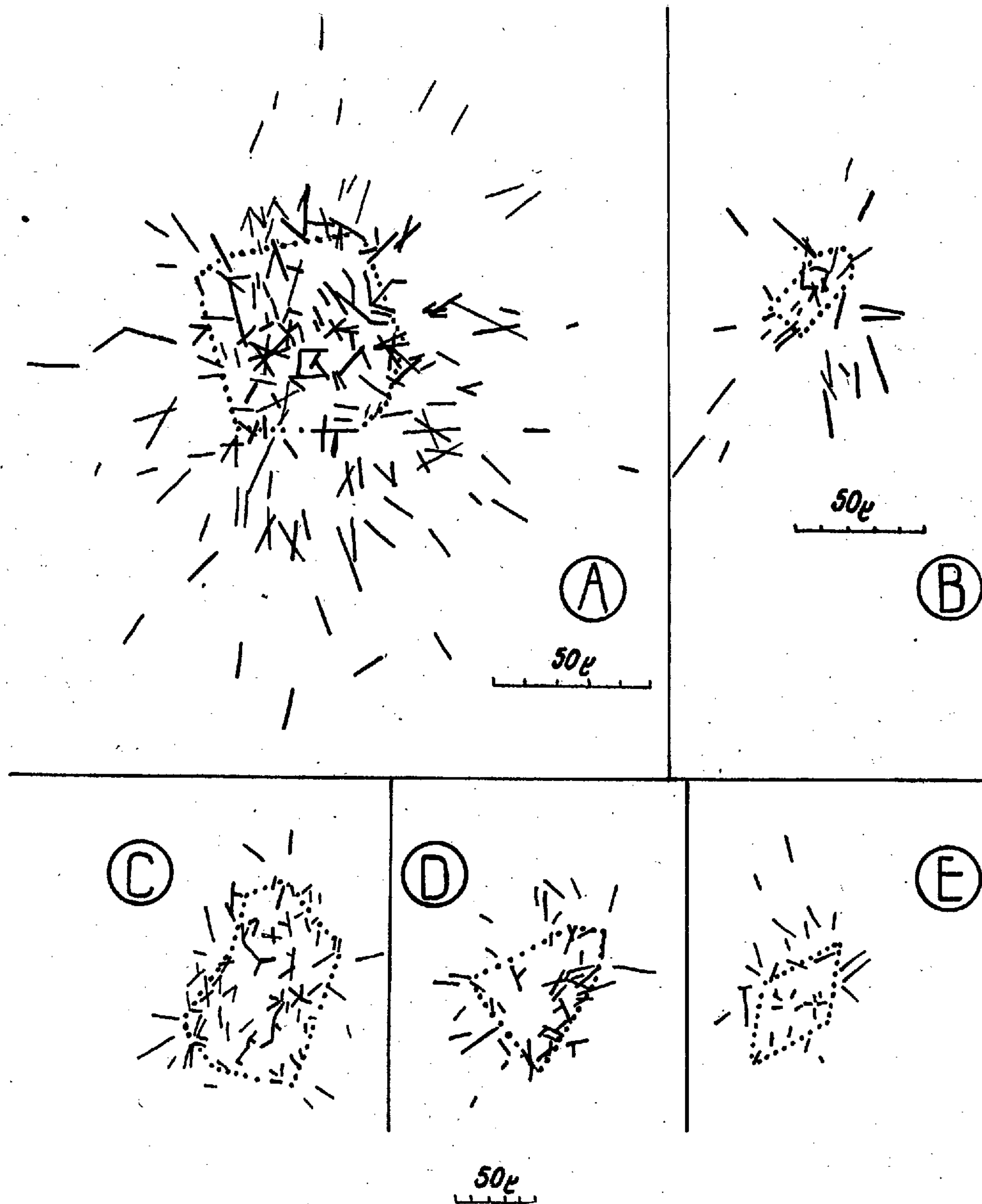
Origine.	Temps de pose (en h.).	Surface approximative (en μ^2).	Nombre de rayons α émis.	Nombre de rayons α par cm^2 et sec.	Concentration (en U).	Figures.
Granite de Bretagne (Coll. M. Demay)..	414	3000	186	4,7	0,04	A
	210	270	40	19	0,14	B
Granite de Lignole près Vannes (Morbihan)..	112	6900	92	4	0,035	C
	112	2800	51	4,5	0,04	D
	112	2000	34	4,2	0,04	E

A part un cristal, qui semble avoir une teneur en uranium de l'ordre de 14 %,

(*) Séance du 24 octobre 1949.

([1]) R. Coppens, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1218; **228**, 1949, p. 1938; **229**, 1949, p. 617.

tous les autres ont à peu près la même activité correspondant à une concentration de 4 % d'uranium,



Nous pouvons en outre constater qu'à l'intérieur des cristaux la radioactivité n'est pas uniforme. Il existe au contraire des centres très actifs et de tels cristaux brisés par pulvérisation peuvent donner des grains dont l'activité est supérieure ou inférieure à celle de l'ensemble.

RADIOACTIVITÉ. — *La réaction* $^{10}B(n, \alpha)^7Li^*$ *et la relation parcours-énergie pour les particules* α *d'énergie inférieure à* 2 MeV. Note de Mme **Henriette Faraggi**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons entrepris, à l'aide de la technique d'effacement partiel précédemment décrite (1), l'étude de la transmutation du bore par les neutrons lents. Une plaque Ilford Nuclear Research C2, 50^{μ}, imprégnée de bore, a été exposée aux neutrons; elle a été ensuite maintenue pendant 18 minutes dans une atmosphère saturante d'eau oxygénée à 20^{vol}, puis développée dans les conditions habituelles.

Le début d'effacement de l'image latente provoqué par ce traitement empêche le développement des premiers grains de la trace de la particule α, et l'on voit alors apparaître une lacune à l'origine de la transmutation. Il est possible dans ces conditions de mesurer sur chaque trace les parcours respectifs de ^4_2He et de $^7_3Li^*$, et d'obtenir les valeurs les plus probables de ces parcours avec une précision supérieure à celle des méthodes utilisées jusqu'à présent. Nous avons mesuré le parcours total des deux fragments sur 500 traces, les parcours différenciés sur 250. *Les parcours moyens respectifs sont :* ^4_2He : $5{,}0 \pm 0^{\mu}{,}2$; $^7_3Li^*$: $2{,}2 \pm 0^{\mu}{,}2$; *parcours total :* $7{,}2 \pm 0^{\mu}{,}1$. Les courbes de répartition statistique des longueurs mesurées sont des courbes de Gauss ; elles présentent une très légère dissymétrie du côté des longs parcours, qu'on peut attribuer à la formation de ^7Li dans l'état fondamental, l'existence de ce groupe étant prouvée par les expériences de Böggild (2) et de Gilbert (3) à la chambre de Wilson, avec un meilleur pouvoir séparateur.

On peut calculer les énergies de réaction, et les énergies cinétiques des fragments émis, en utilisant les valeurs les plus précises actuellement connues des masses des noyaux mis en jeu (4) et de l'énergie du niveau d'excitation de Li*, 480 keV (5). On établit alors entre les parcours des noyaux chargés dans les émulsions photographiques et leurs énergies cinétiques les relations suivantes :

	État excité.		État fondamental.	
	α.	$^7Li^*$.	α.	^7Li.
Énergie (MeV)...........	1,52 ± 0,11	0,88 ± 0,11	1,92 ± 0,11	0,96 ± 0,11
Parcours (μ)............	5,0 ± 0,2	2,2 ± 0,2	(6,1) ± 0,4	(2,6) ± 0,4

(1) Faraggi, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 527.

(2) Bøggild, *Math. Phys. Camer. Acad. Copenhague*, 23, 1945, p. 4.

(3) Gilbert, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 44, 1948, p. 447; Bower, Bretscher et Gilbert. *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 34, 1948, p. 290.

(4) Bainbridge, *Rapport au 7e Congrès Solvay*, 1947.

(5) Buechner et al., *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1569.

Relation « Parcours dans l'air-énergie ». — La réaction $^{10}B(n, \alpha)^{7}Li^{*}$ a été invoquée à plusieurs reprises (²), (³), (⁶), au cours des derniers mois, pour mettre en doute la validité des courbes *Parcours-énergie* de Livingstone et Bethe, et de Livingstone et Holloway (⁷) dans la région des énergies inférieures à 2 MeV. Sans pouvoir juger de la pertinence des autres arguments, il nous paraît très hasardeux de prendre le cas de la particule α de transmutation du bore comme critère de validité.

En effet, si le parcours total des deux fragments a fait l'objet d'un grand nombre de mesures concordantes, il n'en est pas de même en ce qui concerne les parcours séparés. Cette mesure est rendue peu précise, si l'on utilise une cible solide, en raison du faible parcours des noyaux; dans le cas d'une cible gazeuze, on observe le parcours total sans pouvoir déterminer directement l'origine de la transmutation. Des procédés semi-empiriques, basés sur la relation de Blackett $R = k.M.Z^{-1/2}f(v)$, ont donné comme rapport des parcours $\rho = R_{He}/R_{Li} = 1,7$ (²). Ce chiffre est confirmé, avec une faible précision, par les mesures de Bøgild, portant sur 5 mesures, et celle de Bower, Brestcher et Gilbert (³), portant sur 20 mesures. A l'aide de cette valeur, et de la mesure de la longueur totale de la trace, on peut établir qu'une particule α de 2 MeV a un parcours dans l'air de $7^{mm},1$ (²) ou de $7^{mm},7$ (³), alors que la courbe de Livingstone et Bethe indiquerait de 0,80 à $0^{cm},82$. Il y aurait alors une divergence supérieure aux indéterminations expérimentales.

Or, *le rapport des parcours établi expérimentalement par le présent travail, portant sur* 250 *trajectoires, est de* $2,2 \pm 0,2$, en accord avec des déterminations faites à l'amplificateur proportionnel utilisant des cibles épaisses (⁸). Si l'on admet cette valeur, on obtient, pour le parcours de la particule α, toujours à partir du parcours total, des valeurs comprises entre $7^{mm},9$ (²) et $8^{mm},5$ (³); on se trouve alors en bon accord avec la courbe incriminée, aux erreurs expérimentales près. On peut également remarquer que le pouvoir d'arrêt des émulsions par rapport à l'air, obtenu dans la région de 2 MeV par d'autres expériences (⁹), est en accord avec la valeur $0^{cm},80$, et semble exclure le chiffre de $0^{cm},71$.

Il faut alors conclure que les courbes Parcours dans l'air-Énergie restent

---

(⁶) JESSE et SADAUSKIS, *Phys. Rev.*, **75**, 1949, p. 1110; CLARKE and BARTHOLOMEW, *Phys. Rev.*, **76**, 1949, p. 146. Cette position est également critiquée par WALKER, *Nature*, **164**, 1949, p. 838.

(⁷) LIVINGSTONE et BETHE, *Rev. of Mod. Phys.*, **9**, 1937, p. 245; LIVINGSTONE et HOLLOWAY, *Phys. Rev.*, **54**, 1938, p. 18.

(⁸) WALEN, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1500; ROTBLAT, *Nature*, **138**, 1936, p. 568; FONFER, *Ann. der Physik*, **29**, 1937, p. 1.

(⁹) FARAGGI, expériences non encore publiées.

valables, aux erreurs expérimentales près, dans le domaine des énergies faibles, et que la relation de Blackett n'est valable pour passer de ^4He à ^7Li que moyennant l'adjonction d'une constante empirique de l'ordre de $0^{cm},5$.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le rayonnement γ du radiothorium.* Note de M. **Michel Riou**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le rayonnement γ du radiothorium a d'abord été étudié par J. Thibaud (1) qui a isolé par spectrographie cristalline deux raies de 168 et 145 U. X (73,8 et 85,5 keV). L. Meitner (2) a repris l'étude par cette même méthode et par celle de déviation magnétique des électrons provenant des couches L et M : elle a montré que le RTh émet deux raies de 140 et 145 U. X (88,5 et 85,5 keV), la raie de 168 U. X trouvée par J. Thibaud appartenant au ThB. Les deux raies de 140 et 145 U. X ont été alors considérées comme les raies $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ de l'élément 86 (radium); mais une nouvelle étude par spectrographie magnétique de J. Surrugue et Tsien San-Tsiang (3) a précisé l'énergie et l'intensité des raies électroniques et montré que ces raies étaient dues à la conversion interne de deux raies γ de 86,8 et 83,3 keV.

Pour vérifier l'existence de ces raies γ et obtenir les intensités absolues des divers rayonnements γ et X, j'ai repris l'étude par la méthode d'absorption sélective déjà appliquée à l'étude des rayonnements γ et L de l'ionium (4), le détecteur étant un compteur Geiger-Müller rempli de xénon (15^{cm} Hg) et d'alcool. Les sources de RTh sans dérivés sont préparées suivant la méthode de Mlle I. Curie : précipitation de Ce entraînant RTh par l'ammoniaque, élimination du dépôt actif par H_2S. L'intensité des sources est déterminée à l'équilibre avec les dérivés en comparant avec des étalons de RTh par les rayonnements γ.

La courbe d'absorption dans le cuivre du rayonnement γ du RTh indique deux composantes de coefficients d'absorption 0,70 cm^2/g (86 keV) et 95 cm^2/g (14 keV); avec le plomb on observe une seule composante de coefficient d'absorption 2,3 cm^2/g (84 keV).

L'analyse du rayonnement de 14 keV par absorption sélective dans les éléments compris entre le nickel ($Z=28$) et le molybdène ($Z=42$) montre que ce rayonnement se compose des raies L caractéristiques du radium, élément formé par la désintégration $RTh \xrightarrow{\alpha} ThX$. Les intensités relatives de ces raies L sont égales à celles obtenues avec l'ionium (qui émet également les raies L du radium) et sont en bon accord avec les prévisions de la théorie

(1) *Thèse*, Paris, 1925, p. 84.
(2) *Zeits. Phys.*, 52, 1928, p. 637 et p. 645.
(3) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 172.
(4) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 678.

pour les spectres L émis après excitation par conversion interne de rayonnements γ ([5]) qui sont dans le cas présent les deux raies de 83,3 et 86,8 keV.

Pour étudier le rayonnement de 86 keV j'ai filtré par un écran de cuivre de 99 mg/cm² et étudié l'absorption dans des écrans de Au(Z = 79), Hg(80), Tl(81), Pb(82) et Bi(83) de même masse superficielle (340 mg/cm²) : Hg absorbe moins que Tl lequel absorbe moins que Pb. Il y a donc émission de deux raies comprises d'une part entre les discontinuités K de Hg et Tl, d'autre part entre celles de Tl et Pb, ce qui donne les énergies 84,00 ± 1,15 et 86,48 ± 1,33 keV. Ceci est en bon accord avec la détermination des énergies de ces raies par celle des électrons de conversion interne et montre que ces deux raies ne peuvent être les raies $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ du radium dont les énergies sont 88,47 et 85,48 keV ([6]). Les courbes d'absorption permettent en outre de calculer le rapport d'intensité des deux raies et l'on trouve

$$\frac{86,8}{83,3} \cong 0,35 \qquad \left(\text{alors que } \frac{K\alpha_1}{K\alpha_2} = 2\right).$$

Le calcul des intensités absolues de ces deux raies γ et du rayonnement L est basé sur la détermination de l'efficacité du compteur ([4]), ([5]) en tenant compte de l'angle solide et de l'absorption dans la matière. Le tableau ci-dessous indique les moyennes des résultats obtenus avec cinq sources différentes d'intensité comprise entre 3,27 et 0,02 millicuries (matière : oxyde de cérium 1 à 7,5 mg/cm²); les intensités sont exprimées en nombre de photons par 100 désintégrations.

Raies L.	Raie de 83,3 keV.	Raie de 86,8 keV.
7 ± 1,5	1,8 ± 0,5	0,7 ± 0,2

La comparaison de ces résultats avec les autres données sur la désintégration du radiothorium soulève des difficultés analogues à celles de l'ionium : d'après l'intensité du rayon L et la valeur du rendement de fluorescence (0,37) le nombre d'excitations de la couche L, par désintégration, serait

$$\frac{7 \pm 1,5}{0,37} \times 10^{-2} = (19 \pm 3).10^{-2};$$

ce nombre devrait être égal au nombre d'électrons de conversion dans la couche L soit : $6,1.10^{-2}$ d'après les mesures de Surugue et Tsien San-Tsiang ([3]).

Le calcul de la probabilité d'excitation du niveau nucléaire de 87 keV peut se faire à partir de l'intensité des deux raies γ de 86,8 et 83,3 keV et de l'intensité des électrons de conversion; on obtient ainsi 0,10. Si l'on fait le calcul à partir de l'intensité des raies γ et de la probabilité d'excitation de la couche L

([5]) M. Riou, *J. de Phys. Radium*, 11, 1950 (à paraître).

([6]) M. Frilley, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1013.

on obtient 0,23 ± 0,04 (en tenant compte de la conversion dans la couche M) : or la mesure directe, d'après l'intensité des groupes de structure fine α [7], donne 0,28.

RAYONS COSMIQUES. — *Phénomènes dirigés et effets de latitude produits par les nucléons cosmiques, dans les émulsions sensibles*. Note de MM. **Charles Beets**, **Max Morand** et **Léon Winand**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons étudié les étoiles et les traces isolées produites par les rayons cosmiques dans des émulsions sensibles (Ilford G_5 et C_3+B), exposées dans une position verticale repérée E-W, au Congo belge (4500^m, 1° lat. géomg. S).

Dans la G_5, l'examen des traces visibles d'électrons permet d'assurer la visibilité des traces de protons jusqu'à environ 300 Mév. 181 étoiles ont plus de 2 branches, 78 plus de 4 branches, 16 plus de 9 branches. La densité d'étoiles de plus de 2 branches est de 12 étoiles par centimètre cube d'émulsion vierge et par jour. Nous avons classé les traces des étoiles géantes (plus de 9 branches) en 3 catégories d'après leur ionisation : *a*. traces continues; traces discontinues ayant, pour 92$^\mu$: *b*. plus de 100 grains; *c*. moins de 100 grains. La répartition de *a* est presque isotrope (85 traces dirigées vers le bas, 73 vers le haut). Pour *b* : 13 traces dirigées vers le bas, 9 vers le haut. Pour *c* : 34 traces dirigées vers le bas, 14 vers le haut. En projection, 43 % des traces descendantes se trouvent dans un angle de 80°, réparti à peu près également de part et d'autre de la verticale. Les anisotropies de *b* et de *c* prouvent l'existence de processus de choc nettement dirigés, essentiellement différents des phénomènes d'évaporation nucléaire correspondant à *a*, compte tenu d'un certain entraînement du centre de gravité du noyau excité.

L'étude des projections des traces isolées descendantes (316 traces de protons, deutérons, y compris probablement quelques traces de mésons) donne une dissymétrie E-W globale $n_W - n_E/2(n_W + n_E) = 0,11$, et un maximum égal à 0,46 pour un angle zénithal de 60°.

Dans la C_3+B, 61 étoiles ont plus de 2 branches, 28 ont plus de 4 branches et 5 ont plus de 9 branches. Les 12 traces les plus rapides des étoiles de plus de 9 branches (au total 71 branches) donnent une anisotropie encore nettement marquée (9 traces dirigées vers le bas, 3 vers le haut). La densité d'étoiles de plus de 2 branches est de 6,4 étoiles par centimètre cube d'émulsion vierge et par jour. Il est intéressant de comparer cette densité à celle des étoiles de plus de 2 branches observée au Jungfraujoch (3470^m, 44° lat. géomg. N) dans une plaque Ilford B_2+B et égale à 8,3 étoiles par centimètre cube d'émulsion vierge et par jour. Le coefficient d'absorption déterminé [1] au Jungfraujoch, pour

(7) S. Rosenblum, M. Valadarès et Mlle Perey, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 385.

(1) M. Jannot et P. Alleno-Ragougnot, *Journal de Physique* (sous presse).

la composante du rayonnement cosmiqne responsable des étoiles, permet de calculer quelle serait la densité correspondante à 4500[m], 44° lat. géomg. N; on trouve ainsi 15,5 étoiles par centimètre cube d'émulsion vierge et par jour. Ce résultat fournit, sous les latitudes considérées, une indication utile sur la réduction relative de 2,4 à 1 de l'intensité de la composante *nucléonique* du rayonnement cosmique, réduction due à la coupure du spectre énergétique des particules primaires par l'action du champ magnétique terrestre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les propriétés électriques des produits du système oxyde de titane alumine réduits par l'hydrogène.* Note (*) de M. **Roland Cauville**, présentée par M. Paul Lebeau.

La réduction par l'hydrogène de l'oxyde de titane TiO_2 vers 1500°C conduit à des composés dont la formule globale peut s'écrire TiO_n, n variant de façon continue entre 2 et 1,67 suivant les conditions de l'expérience (durée, teneur en oxygène résiduel de l'hydrogène employé, température). Cette dernière valeur, $n = 1,67$, correspond à l'oxyde Ti_3O_5 qui est la limite de réduction dans l'hydrogène seul ([1]), ([2]). Ces oxydes réduits, qui rentrent dans la classe des semi-conducteurs ont une résistivité de l'ordre de $1\,\Omega\,cm^2/cm$, résistivité susceptible de variation en fonction du temps ([3]).

Je me suis proposé de rechercher comment variaient les propriétés électriques de l'anhydride titanique en présence de proportions variables d'autres oxydes métalliques.

Dans la présente Note j'indiquerai les résultats correspondant aux mélanges d'anhydride titanique et d'alumine.

L'alumine et l'oxyde de titane sont employés sous forme de poudres très fines passant au tamis 150. Ces poudres sont mélangées intimement puis moulées en forme de petits cylindres (diamètre 8[mm], hauteur 5 à 6[mm]) sous une pression de 5 tonnes/cm².

La réduction et le frittage de produits comprimés sont effectués simultanément dans un four à résistance de molybdène; l'hydrogène utilisé dans le four est soigneusement purifié au préalable pour éliminer toutes traces d'oxygène, de vapeur d'eau ou d'azote. Après réduction les produits sont *trempés* en atmosphère d'hydrogène et ramenés ainsi à la température ambiante en 1 à 2 minutes de façon à éviter toute oxydation.

La mesure de la résistance des cylindres revêtus sur leurs faces planes d'une couche de cuivre projetée au chalumeau a été faite entre 0° et 120°C.

(*) Séance du 21 novembre 1949.

([1]) Billy, *Ann. Chim. Phys.*, 9, 1921, p. 16.

([2]) Erlich, *Zeit. Electroch.*, 45, 1939, p. 362.

([3]) Hemisch, *Elec. Comm.*, 25, 1948, p. 163.

La figure 1 représente, en échelle logarithmique, la variation de la résistivité à 15° C en fonction de la teneur en alumine et pour quelques taux de réduction; il est à noter que les compositions centésimales indiquées en abscisse sont celles des mélanges avant réduction. Les maxima de résistivité sont obtenus pour des produits correspondant sensiblement à la composition initiale TiO_2, Al_2O_3, ils tendent à s'atténuer quand le taux de réduction augmente.

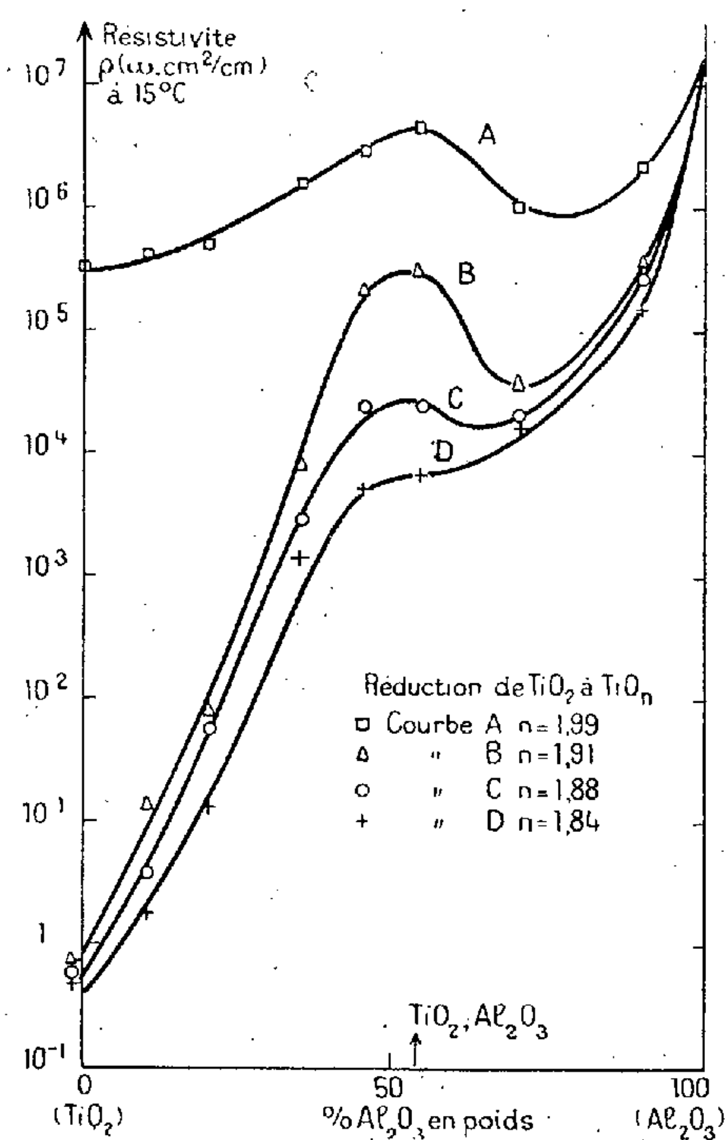


Fig. 1.

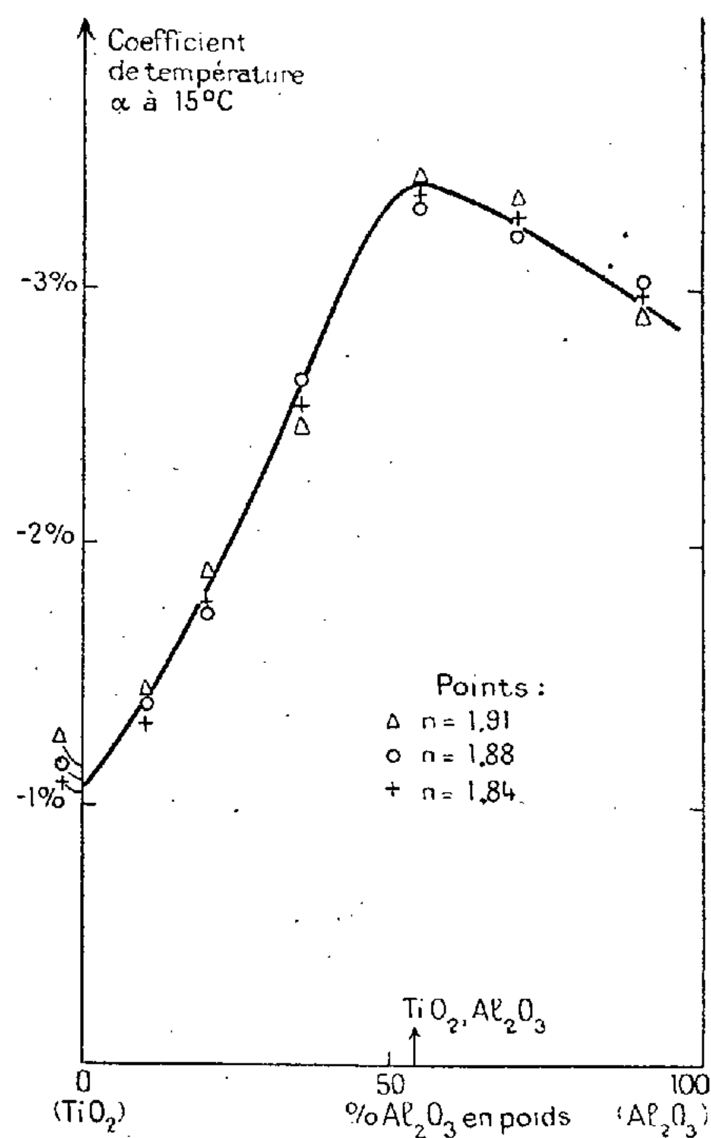


Fig. 2.

La figure 2 représente la variation du coefficient de température de la résistivité à 15° C pour les mêmes compositions. La valeur de ce coefficient est, aux erreurs d'expériences près, pratiquement indépendante du taux de réduction, il est donc plus significatif de ne représenter qu'une courbe, ainsi qu'il a été fait sur la figure 2. On constate l'existence d'un maximum situé dans la même zone que ceux décrits précédemment (*fig.* 1).

On sait que la semi-conductivité d'un composé est conditionnée par la possibilité pour ses électrons de changer de niveau d'énergie, et que le coefficient de température de la résistivité est lié à l'énergie d'activation nécessaire pour effectuer ce changement. L'existence des maxima mis en évidence par les figures 1 et 2 permet donc de supposer que la composition TiO_2, Al_2O_3 correspond, sinon à un composé défini, du moins à une structure plus stable que celles des produits de compositions différentes et que cette structure est ainsi moins affectée par le départ d'ions oxygène.

L'existence de cette composition privilégiée TiO_2, Al_2O_3 est confirmée d'ailleurs par une étude aux rayons X et par la présence d'un point singulier dans le diagramme de fusion [4].

D'autre part, ces produits, par la gamme étendue de résistivité et les valeurs importantes du coefficient de température qu'ils présentent, peuvent être susceptibles d'applications pratiques comme résistances rapidement variables avec la température.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la rythmicité de la précipitation des sels cuivriques par les arséniates alcalins.* Note de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. Charles Mauguin.

De précédentes études [1] ont conduit à la résolution, en couche de gélatine, de quelques précipités polyphasés à composants individuellement rythmiques. La même analyse, étendue à la précipitation encore mal connue des sels cuivriques par les arséniates alcalins, a mis en évidence une rythmicité macroscopique, particulièrement bien accusée dans le cas de l'arséniate de potassium.

Le dépôt d'un sel cuivrique, chlorure, sulfate ou nitrate, sur gélatine imprégnée d'arséniate de potassium, y provoque, postérieurement à une plage continue contiguë à la goutte, un système d'anneaux remarquables par leur taille et par leur régularité. Ces anneaux, qui obéissent à loi générale de distribution, avec des espacements pouvant dépasser le millimètre, se résolvent au microscope en amoncellements de cristallicules. L'ordre des réactifs se montre un facteur important de la rythmicité. Par interversion du sel cuivrique et de l'arséniate de potassium, les anneaux n'ont pu être obtenus. L'inhibition trahit, pour les deux électrolytes, une dissymétrie de comportement plus accentuée encore que pour le nitrate d'argent et le bichromate de potassium dans la rythmicité classique de Liesegang.

Lorsqu'on imprègne la gélatine d'arséniate d'ammonium au lieu d'arséniate de potassium, les anneaux cristallins sont obtenus moins facilement, en même temps que plus fins et plus serrés. D'autre part, cependant, la phase d'aspect amorphe peut s'interrompre à un niveau donné pour former ensuite, au delà des anneaux cristallins, un gros anneau diffus.

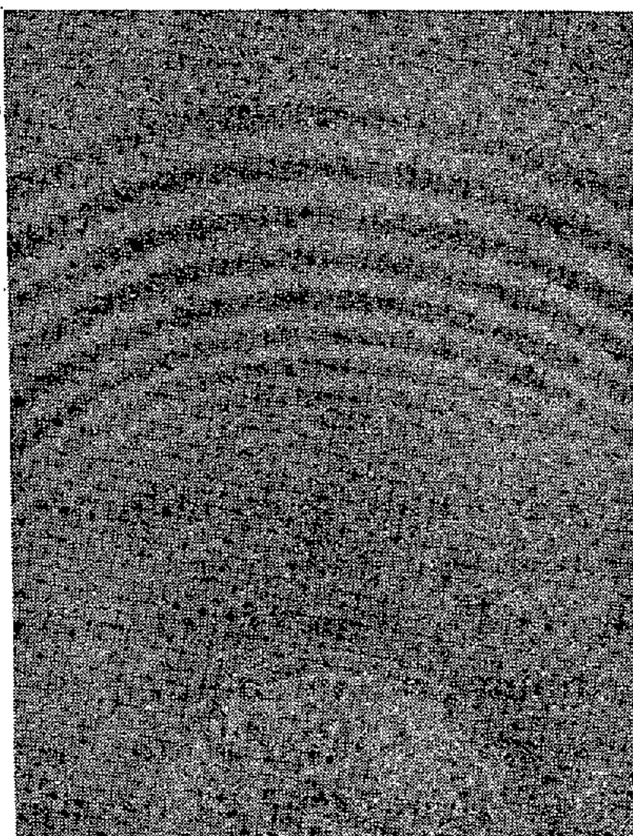
Enfin, lorsque le gel est imprégné d'arséniate de sodium, les anneaux cristallins sont obtenus plus difficilement encore, accompagnant une plage d'aspect amorphe à répartition pratiquement continue.

---

[4] Wartenberg et Reusch., *Zeit. Anorg. Chem.* **207**, 1932, p. 1.

[1] *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 84; **224**, 1947, p. 113 et 740; **226**, 1948, p. 336; **227**, 1948, p. 225; **228**, 1949, p. 1429.

Du point de vue chimique, tandis que la phase amorphe, de rythmicité incertaine, est rebelle à l'interprétation, les données du milieu aqueux renseignent, dans une certaine mesure, au sujet du composé chimique responsable des anneaux en chacun des cas examinés. La considération de l'arséniate tétracuprique $As_2O_5 : 4OCu . OH_2$ stable au contact de l'eau, identifié par Guérin et Mas ([2]), ne saurait être retenue dans les conditions de l'expérience,



Dépôt de nitrate cuivrique sur gélatine imprégnée d'arséniate de potassium. × 2.

en gélatine du commerce toujours légèrement acide. Elle est contredite, en effet, par les résultats de Mas ([3]) concernant les domaines d'existence des diverses phases du système $As_2O_5 — OCu — OH_2$; et sans que, par ailleurs, la suggère non plus l'inégale aptitude des trois arséniates alcalins envisagés à former des anneaux.

En conséquence, ce seraient vraisemblablement des sels doubles, du cadre de ceux étudiés par Hirsch ([4]) qui se trouveraient isolés, dans les rythmicités ci-dessus décrites, d'une phase d'aspect amorphe, chimiquement ou non distincte.

([2]) *Ibid.*, 226, 1948, p. 1615.

([3]) *Ann. Chim.*, 12e série, 4, 1949, p. 459.

([4]) *These inaug. Dissert.*, Halle, 1890.

CHIMIE MINÉRALE. — *Structures et formules de quelques constituants du ciment Sorel.* Note (*) de M. **Pieter Maarten de Wolff** et M[me] **Léone Walter-Lévy**, présentée par M. Paul Pascal.

La structure des chlorures et chlorocarbonate: Cl_2Mg, $3Mg(OH)_2$, 7 ou $8H_2O$; Cl_2Mg, $5Mg(OH)_2$, nH_2O; Cl_2Mg, $2CO_3Mg$, $Mg(OH)_2$, $6H_2O$ (¹) a été étudiée par la méthode des poudres (²).

Les échantillons des divers sels ont été choisis parmi les mieux cristallisés, qui donnent les raies les plus fines. Le chlorocarbonate a été précipité en versant goutte à goutte 200$^{cm^3}$ d'une solution de bicarbonate de magnésium à 0,25 mol/l, dans une solution de 1 000^g de chlorure de magnésium dans 200$^{cm^3}$ d'eau, maintenue à l'ébullition pendant une demi-heure. Il a été lavé à l'alcool, à l'éther et séché à l'air. L'analyse a donné

$$\frac{Cl_2}{Mg} = 0,248 \neq \frac{1}{4}, \qquad \frac{CO_3}{Mg} = 0,490 \neq \frac{2}{4}, \qquad \frac{H_2O}{Mg} = 1,74 \neq \frac{7}{4} \quad (^3).$$

Les produits formés par carbonatation du chlorure basique à froid donnent des raies élargies, ce qui masque les doublets.

Le chlorure Cl_2Mg, $3Mg(OH)_2$, 7 ou $8H_2O$ a été obtenu par cristallisation lente à la température ordinaire d'une solution de chlorure de magnésium à 3,5 mol/l, saturée de magnésie à l'ébullition. Le produit obtenu au bout d'un mois, lavé à l'alcool et à l'éther, séché à l'air et analysé donne les rapports stœchiométriques suivants :

$$\frac{Cl_2}{Mg} = 0,252 \neq \frac{1}{4}, \qquad \frac{H_2O}{Mg} = 2,73 \neq \frac{11}{4},$$

qui correspondent à la formule Cl_2Mg, $3Mg(OH)_2$, $8H_2O$.

Le chlorure à $5Mg(OH)_2$ a été formé en 48 heures à 2° à partir d'une solution de chlorure de magnésium à 2,6 mol/l contenant 0,17 mol/l de MgO, et en 40 heures à 25° à partir d'une solution à 3 mol/l et contenant 0,2 mol/l de MgO.

Les précipités, lavés à l'alcool et à l'éther, prennent à l'air, au bout d'une heure, un poids rigoureusement constant. Les résultats analytiques

	Essai à 2°.	Essai à 25°.	
$\frac{Cl_2}{Mg}$	0,1667	0,1670	$\neq 0,1667 = \frac{1}{6}$
$\frac{H_2O}{MgO}$	2,19	2,18	$\neq 2,17 = \frac{13}{6}$

répondent à la formule Cl_2Mg, $5Mg(OH)_2$, $8H_2O$.

(*) Séance du 28 novembre 1949.

(¹) L. Walter-Lévy et P. M. de Wolff, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1077.

(²) Les sels cristallisent en aiguilles trop fines pour que leurs structures puissent être étudiées suivant la méthode du cristal tournant.

(³) Eau totale comportant celle de $Mg(OH)_2$.

Les densités des divers sels ont été déterminées à 25° suivant la méthode du flacon, par immersion dans le xylène, après dégazéification à la trompe à eau. Les valeurs trouvées sont les suivantes : chlorocarbonate, 1,919; chlorure à $3 Mg(OH)_2$, 1,859; chlorure à $5 Mg(OH)_2$, 1,883 pour l'essai à 2° et 1,888 pour l'essai à 25°.

Des mesures précises des distances réticulaires ont pu être obtenues grâce à l'emploi d'une chambre très dispersive (6^mm^ pour une variation de θ égale à 1°) ([4]).

La position des raies a été déterminée avec exactitude à l'aide de deux diagrammes, effectués, l'un à partir du composé seul, l'autre par la méthode de calibration, l'alun ammoniacal étant pris comme étalon. La plus grande distance réticulaire dans le cas du chlorocarbonate, soit 11,57 Å, a été évaluée par extrapolation.

L'étude des radiogrammes permet de conclure que le chlorocarbonate basique cristallise dans le système rhomboédrique. La maille élémentaire contenant trois molécules est définie par $a = 13{,}58$ Å, $\alpha = 116°4{,}1'$ et la cellule hexagonale par $a = 23{,}14$ Å, $c = 7{,}222$ Å. La densité calculée d'après ces données : 1,919 est identique à celle déterminée directement.

L'extinction systématique des raies (*okl*) et (*hol*) avec *l* impair accuse la présence d'un plan de symétrie avec glissement *c*. Il s'ensuit que la molécule ne correspondrait pas à la formule donnée antérieurement, mais à la moitié de celle-ci soit $Mg_2(OH)Cl, CO_3, 3H_2O$. Le rhomboèdre élémentaire contiendrait six de ces molécules.

Le chlorure à $3 Mg(OH)_2$ cristallise dans le système triclinique et le chlorure à $5 Mg(OH)_2$ dans le système monoclinique.

Les mailles de ces composés sont définies par les paramètres suivants :

							Densités	
	a.	*b*.	*c*.	α.	β.	γ.	calculées.	expérimentales.
$Cl_2Mg, 3Mg(OH)_2, 8H_2O$	8,31	3,14	7,44	102°37′	101°54′	85°39′	1,858	1,859
$Cl_2Mg, 5Mg(OH)_2, 8H_2O$	9,66	3,14	8,29	90°	114°18′	90°	1,925	1,888

Les densités expérimentales et calculées des deux chlorures ne concordent que dans l'hypothèse où la maille élémentaire contiendrait seulement la moitié du poids correspondant à leurs formules habituelles prises, l'une et l'autre, avec huit molécules d'eau. Il est donc probable que dans ces formules le

([4]) P. M. DE WOLFF, *Acta Cryst.*, 1948, p. 1207.

nombre de molécules d'eau est pair, c'est-à-dire égal à 8, conformément aux rapports stœchiométriques donnés ci-dessus.

Ainsi la détermination des compositions chimiques, des densités et des systèmes cristallins, permet d'attribuer au chlorocarbonate et aux chlorures basiques de magnésium les formules : $Mg_2,(OH), Cl, CO_3, 3H_2O$; $Mg_2(OH)_3Cl, 4H_2O$ et $Mg_3(OH)_5Cl, 4H_2O$.

Une analyse plus approfondie des diagrammes des chlorures basiques montre d'ailleurs que ceux-ci sont constitués comme l'avait supposé Feitknecht [5] par des macromolécules en forme de chaînes.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Variation des intégrales coulombiennes de la méthode des orbites moléculaires sous l'effet de la valence libre.* Note de M. **Alexandre Laforgue** présentée par M. Louis de Broglie.

Dans un élément de transition lorsqu'un électron passe d'une couche interne à la couche de valence, son effet d'écran vis-à-vis de cette couche diminue. La charge nucléaire effective et par suite l'électronégativité augmentent. Par application des règles de Slater [1] on trouverait même l'effet d'une valence formée plus grand que celui de la perte d'un électron. Une telle variation a été montrée par la méthode de l'énergie de résonance [2], encore qu'une part de cette variation vienne d'erreurs systématiques dues à la méthode [3]. Elle serait plus aisément vérifiable à partir des rayons de covalence ou des potentiels d'ionisation.

Un phénomène analogue peut se produire à l'intérieur des électrons de valence d'un élément normal. La fonction d'onde est en effet altérée par le couplage, et l'électron, découplé plus profond, fera davantage écran vis-à-vis des électrons de valence. Dans un système conjugué, *l'électronégativité diminue quand la valence libre augmente.*

On peut calculer cette variation à partir de l'effet de grandeur de liaison [4]. Quant un seul ordre p intervient dans la molécule, la formule $\Delta E = 0,20, \Delta p$ indique la variation d'électronégativité d'une molécule à une autre. En général les trois ordres aboutissant à un même atome sont différents, et il est raisonnable de prendre la moyenne liée à la valence libre L

$$\Delta E = -0,07\,\Delta L.$$

(5) Feitknecht et H. Held, *Helvética Chimica Acta*, 27, 1944, p. 1480.

(1) *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 57.

(2) M. Haïssinsky, *Journ. Phys.*, VIII, 7, 1946, p. 7.

(3) J. Bellugue et R. Daudel, *Rev. scient.*, 84, 1946, p. 541.

(4) A. Laforgue, *J. Chimie phys.* (sous presse).

Il en résulte une variation des intégrales coulombiennes α proportionnelle et en unités β numériquement égale [5].

Mulliken évaluant directement les α, à partir des potentiels d'ionisation moléculaire, a montré leur dépendance vis-à-vis de la longueur de liaison (qui se ramène à la valence libre d'après le calcul précédent) et du nombre d'atomes du système conjugué.

Il résulte du Tableau suivant qu'on peut encore le ramener quantitativement à l'effet de la valence libre. Le benzène (E 2,7) est pris comme point de départ [4] pour calculer $\zeta = (\Delta\alpha/\Delta L):(\alpha/E)$:

	α.	L.	ζ.
C_6H_6.........	— 7,18 eV	0,398	—
C_4H_6.........	— 7,42	0,614 [6]	—0,04
C_2H_4.........	— 8,14	0,732	—0,11
C_2H_2.........	— 9,2	1,464	—0,07
CH_3.........	—10,07	1,732 [7]	—0,09

La valeur moyenne $\bar{\zeta} = -0,08$ est en bon accord avec la précédente.

Première conséquence de l'effet de valence libre, les carbures précédemment trouvés à charge unitaire [8] seront un peu ionisés. La correction est calculable, dans l'approximation linéaire [4] connaissant le diagramme des valences libres et les polarisabilités rigoureuses [8] ou approchées, ainsi que le facteur de réduction [4] pour tenir compte de l'effet de charge.

1 2 3 4 (=—=)	1–4	L = 0,84	$\Delta\alpha$ = 0	q = 0,993
	2–3	0,39	0,031	1,007
1 2 3 4 5 6 (=—=—=)	1–6	L = 0,86	$\Delta\alpha$ = 0	q = 0,988
	2–5	0,38	0,033	1,009
	3–4	0,46	0,028	1,003
(1 2 3 4, ramifié)	1	L = 0,91	$\Delta\alpha$ = 0	q = 0,985
	2	0,99	0,057	1,012
	3–3′	0,42	0,035	1,010
	4–4′	0,82	0,006	0,991
(1 2 3 4 5 6 7 8, cyclique)	1	L = 0,77	$\Delta\alpha$ = 0	q = 0,990
	2	0,37	0,028	1,006
	3	0,06	0,050	1,006
	4–8	0,40	0,026	0,998
	5–7	0,35	0,030	1,001
	6	0,37	0,028	1,000

[5] A. LAFORGUE, *Comptes rendu*, 228, 1949, p. 1430.

[6] Valeur moyenne entre les deux de la molécule.

[7] Maximum absolu de la valence libre. *Cf.* LAFORGUE et LAFORGUE-KANTZER, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1735.

[8] C. A. COULSON et H. G. LONGUET-HIGGINS, *Proc. Roy. Soc.*, 192, p. 16.

On voit que les variations de α (en unités β) sont de l'ordre de 0,05, le même que pour les paramètres induits résultant de l'effet de charge. Les charges qui en résultent présentent des différences d'ordres de 0,020. La conséquence doit être un petit moment dipolaire, au seuil des moments actuellement mesurables ([9]).

CHIMIE THÉORIQUE. — *Résolution d'un déterminant séculaire par la méthode des polygones.* Note de M. **Isaac Samuel**, présentée par M. Louis de Broglie.

Premier cas : Déterminant symétrique ($t_{ik} = t_{ki}$) à terme diagonal fixe $= y$. — Nous représenterons un terme non diagonal par un segment dont les extrémités seront désignées par les indices i et k.

Un polygone de m côtés dont les m sommets figurent des indices représentera un produit p_m, sauf p_2 qui représentera le carré d'un terme.

Nous aurons en plus à considérer des produits $p_m p'_{m'} p''_{m''}$. Il est entendu qu'un indice déterminé ne pourra figurer que dans un seul des polygones représentatifs.

Ces conventions étant faites, nous avons démontré que l'équation séculaire s'écrira, pour un déterminant d'ordre n,

$$
\begin{aligned}
y^n - y^{n-2}\Sigma p_2 + y^{n-3}\,2\Sigma p_3 + y^{n-4}(\Sigma p_2 p'_2 - 2\Sigma p_4)& \\
+ y^{n-5}[2\Sigma p_5 - 2\Sigma p_2 p'_3]& \\
+ y^{n-6}[-\Sigma p_2 p'_2 p''_2 - 2\Sigma p_6 + 2\Sigma p_2 p'_4 + 4\Sigma p_3 p'_3] + \ldots &= 0.
\end{aligned}
$$

Les règles à appliquer pour obtenir ce développement sont les suivantes :

1° Le signe à placer devant chaque p_m est celui de $(-1)^{m\pm 1}$.

2° Le coefficient à placer devant chaque p_m est 2 si $m \neq 2$ et 1 si $m = 2$.

Deuxième cas : Les termes diagonaux ne sont pas tous égaux. — Soit, par exemple, $t_{ii} = y'$, tous les autres termes diagonaux étant égaux à y.

L'expression $y^\alpha\, \Sigma p_m$ ou $y^\alpha\, \Sigma p_m p'_{m'}$ restera inchangée pour tous les polygones ou combinaisons de polygones ne contenant pas l'indice i.

Elle sera remplacée par $y' y^{\alpha-1}\, \Sigma p_m$ ou $y' y^{\alpha-1}\, \Sigma p_{m'}$ pour tous les polygones ou combinaisons de polygones ne contenant pas l'indice i.

Dans le cas général y^α sera remplacé par des produits de α facteurs de termes diagonaux.

Chacun de ces produits dépend uniquement des indices caractérisant le polygone ou l'association de polygones. On peut donc le mettre en facteur pour tous les $\Sigma p_m p'_{m'} \ldots$ caractérisés par les mêmes indices.

Application à la résolution des déterminants de la méthode des orbites molé-

---

([9]) On sait que pour le styrolène, il y a désaccord entre les mesures directes ($\mu \sim 0$) et les mesures indirectes ($\mu \sim 0,3\,D$).

culaires. — Les particularités de ces déterminants introduisent des simplifications supplémentaires considérables.

Particularités des déterminants :

1° Les termes non diagonaux $\neq 0$ sont peu nombreux.

2° Tous ces termes sont égaux à ± 1.

Conséquences. — 1° Tous les p_m sont égaux à ± 1 et le calcul des coefficients se ramène à un simple dénombrement de combinaisons de figures d'indices différents. Les simplifications sont telles que la seule figure représentant les termes conduit directement à l'équation séculaire sans qu'on ait besoin de passer par le déterminant. Dans le cas du difulvène, par exemple, qui conduit à un déterminant du 10e ordre, nous avons obtenu 2 pentagones qui étaient reliés par un de leurs sommets. Seuls subsistaient dans notre équation les termes en p_2 et p_5 et ceux provenant de leurs combinaisons.

2° Le remplacement d'un atome de C par un atome de N, par exemple, ne nécessite nullement, comme dans la méthode usuelle, la reprise de tout le calcul avec des difficultés supplémentaires. Il se traduit, en effet, simplement par la modification d'un terme diagonal. Il suffit donc de remplacer pour certains polygones, aisément repérés, le coefficient y^{α} par $(y+a)y^{\alpha-1}$.

Remarque. — La méthode des polygones s'applique moyennant quelques modifications au cas d'un déterminant quelconque. Mais comme un tel déterminant ne se présente qu'assez rarement en chimie théorique, nous nous bornerons ici à signaler ce fait.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'ozone sur les indols substitués.* Note (*) de MM. **Charles Mentzer**, **Darius Molho** et **Yvan Berguer**, présentée par M. Marcel Delépine.

En 1946, l'un d'entre nous a préparé plusieurs nouveaux dérivés de l'indol par action d'une amine aromatique sur une cétone bromée ([1]). Une telle méthode, décrite pour la première fois par Nencki et Berlinerblau ([2]), a été entre temps généralisée à maintes reprises, mais son mécanisme n'est pas encore définitivement élucidé ([3]), ([4]). Il est en effet très difficile de prouver avec certitude l'emplacement respectif des substituants R et R′, et pour établir la structure d'une substance donnée, on a dû jusqu'ici comparer le corps à analyser à un corps de référence, obtenu à l'aide de la méthode de E. Fischer dont le mécanisme n'est plus discuté ([1]).

(*) Séance du 28 novembre 1949.

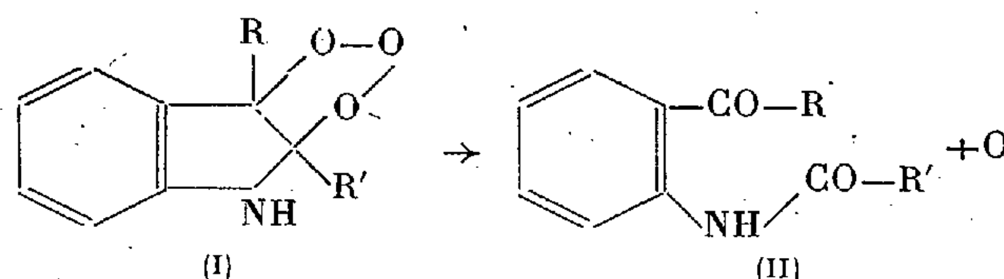
([1]) C. Mentzer, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1176-1178.

([2]) Nencki et Berlinerblau, *Fortschritte der Teerfarbenfabrikation*, 1, 1886, p. 150.

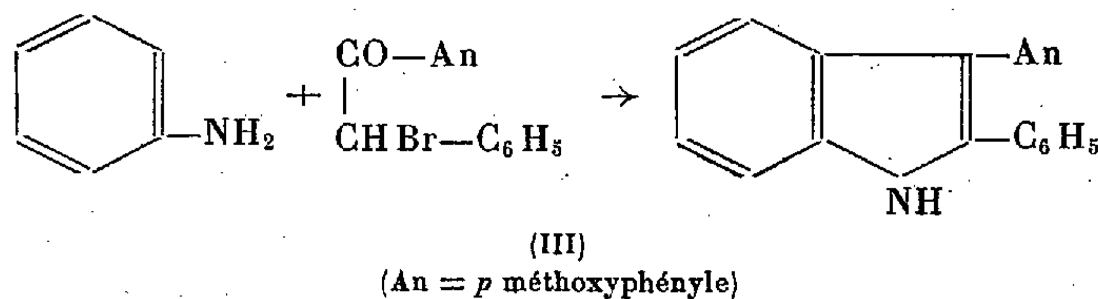
([3]) Juilan, Meyer, Magnani et Cole, *J. Am. Chem. Soc.*, 67, 1945, p. 1203-1211.

([4]) Cowper et Stevens, *J. Chem. Soc.*, 1947, p. 1041.

Scholz ([5]), puis Witkop ([6]), ont montré que certains indols mono ou dialcoylés se laissent dégrader par l'ozone en *o*-aminocétones aromatiques N-acylées. Nous nous sommes demandés si un tel procédé était également applicable aux aryl-2-indols et l'expérience a montré qu'il en était effectivement ainsi. L'influence du solvant joue un rôle très important dans cette réaction : les auteurs précédents ont utilisé l'acide acétique, ou la formamide, mais nous avons trouvé que l'acétate d'éthyle se prête mieux à cette opération et, dans ces conditions, il nous a été possible d'isoler quelques ozonides; ce fait nous semble d'autant plus intéressant que l'existence de tels composés n'avait encore jamais été signalée dans la série indolique. Chauffés en présence d'acide acétique dilué et de noir animal, ces ozonides perdent un atome d'oxygène de la façon suivante :



Quand les radicaux R et R' sont de nature aromatique, les corps du type (II) peuvent également être obtenus par action de l'anhydride chromique sur l'indol substitué, mais un tel procédé est moins général que l'ozonation. Grâce à ces faits, il nous a été possible de démontrer que la synthèse de Nencki ne s'effectue pas forcément selon le schéma classique ([4]). Ainsi l'action de l'aniline sur l'anisyl-bromo-benzyl-cétone s'effectue sans transposition



(An = *p* méthoxyphényle)

préalable; en effet, l'indol (III), après ozonation ou oxydation chromique, donne naissance à un corps du type (II) qui, par hydrolyse acide, libère de l'acide benzoïque et non de l'acide anisique. Ce fait prouve que le groupement C_6H_5 était effectivement fixé en 2 et non en 3. L'interprétation de ce phénomène fera l'objet d'un Mémoire plus détaillé.

Partie expérimentale : Phényl-2 anisyl-3 indol $C_{21}H_{17}ON$. — Se prépare conformément à la technique précédemment décrite ([1]). F 189° ; N calculé : 4,70 % ; N trouvé : 4,62 %.

Ce même corps avait déjà été obtenu par action de l'aniline sur la bromo-(*p*-méthoxybenzyle)-phénylcétone ([4]).

([5]) Scholz, *Helv. Chim. Acta*, 18, 1935, p. 923.

([6]) Witkop, *Ann.*, 556, 1944, p. 1176-78.

Phényl-2 anisyl-3 N-acétyl-indol $C_{23}H_{19}O_2N$. — Par chauffage du composé précédent en présence d'anhydride acétique et d'acétate de potassium pendant 6 heures à l'ébullition. F 148°.

Ozonide du phényl-2 méthyl-3 indol $C_{15}H_{13}O_3N$. — F 155°; N calculé : 5,49 % ; N trouvé : 5,47 %.

Ozonide de l'anisyl-2 méthyl-3 indol $C_{16}H_{15}O_4N$. — F 125°; N calculé : 4,91 % ; N trouvé : 4,87 %.

Ortho-benzoylamino-acétophénone $C_{15}H_{13}O_2N$. — F 98°; N calculé : 5,85 % ; N trouvé : 5,72 % : par chauffage de l'ozonide correspondant dans l'acide acétique diluée.

La structure de cette substance a été vérifiée par hydrolyse (libération d'acide benzoïque) et par comparaison à un échantillon authentique obtenu selon Camps ([7]), par action du chlorure de benzoyle sur l'*o*-amino-acétophénone.

Ortho-(anisoyl-amino)-acétophénone $C_{16}H_{15}O_3N$. — F 122°; N calculé : 5,2 % ; N trouvé : 5,08 % : s'obtient également par décomposition de l'ozonide correspondant en milieu acétique aqueux.

Ce composé libère son acide anisique (F 183°) par ébullition prolongée (10 heures) dans un mélange à parties égales d'acide acétique, sulfurique et d'eau.

Benzoyl-amino-2 méthoxy-4' benzophénone $C_{21}H_{17}O_3N$. — F 118°. Une solution saturée de ce corps, chauffée à l'ébullition dans un mélange hydro-acéto-sulfurique, pendant 10 heures, libère de l'acide benzoïque et non de l'acide anisique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la condensation du chloral avec l'acide et l'ester acétylacétiques.* — Note de MM. **Henry Gault** et **Georges Mennicken**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une communication à la Société Chimique de France, Section de Toulouse, en date du 8 janvier 1949 ([1]), MM. Caujolle, Couturier et Dulaurens ont fait un bref exposé de leurs travaux sur la condensation du chloral avec quelques cétones et composés β-cétoniques.

Or, nous avons eu nous-mêmes l'occasion d'effectuer des condensations similaires au cours d'une étude, entreprise dès 1947, sur le mécanisme des réactions de chloralcoylation et d'hydroxycarbonylation, étude qui rentre dans le cadre des nombreuses recherches que l'un de nous poursuit depuis de longues années sur les condensations entre composés carbonylés. Nous croyons donc utile de faire connaître, à notre tour, certains des résultats que nous avons obtenus.

La méthode qui repose sur la condensation directe du chloral et de l'acétone, éventuellement en présence d'acide chlorhydrique ou d'acide ou d'anhydride acétique ([2]), ([3]), en vue d'obtenir la trichloro-1.1.1 pentanol-2 one-4, CH_3-CO-CH_2-CHOH-CCl_3 (I), donne lieu à des résinifications plus ou

---

([7]) Camps, *Arch. für Pharmazie*, **239**, 1901, p. 597.

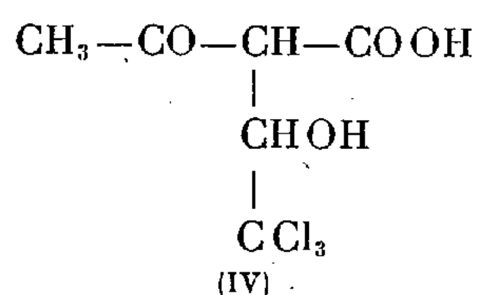
([1]) *Bull. Soc. Chim.*, 1949, 207.

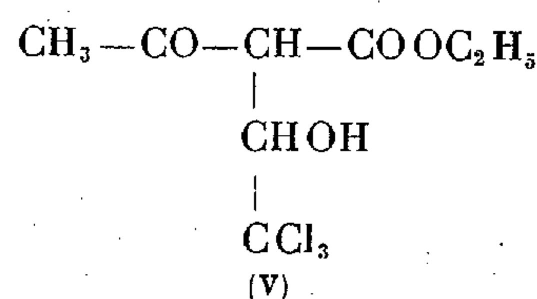
([2]) Koenigs, *Ber.*, **25**, 1892, p. 794; Koenigs et Wagstaffe, *Ber.*, **26**, 1893, p. 554.

([3]) Wislicenus et Kircheisen, *Ber.*, **26**, 1893, p. 909.

moins profondes qui abaissent considérablement le rendement en cétol et rendent difficiles son extration et sa purification.

Pour cette raison, nous avons cherché à lui substituer la méthode indirecte qui consiste à condenser avec le chloral, soit l'acide (II), soit l'ester (III) acétylacétique, afin d'arriver à l'alcanolone cherchée (I) par décarboxylation des composés β-cétoniques formés intermédiairement (IV) et (V)





1. *Condensation avec l'acide acétylacétique.* — Compte tenu de ce qu'il n'est pas nécessaire d'isoler l'acide acétylacétique pour le condenser avec le chloral et en nous inspirant d'un travail de Schöpf et Thierfelder [4] relatif à la condensation de cétoacides avec divers aldéhydes aromatiques, nous avons adopté le mode opératoire suivant qui nous a donné de bons résultats.

On prépare une solution aqueuse de (II) par action, pendant 24 heures, d'une lessive de potasse à 2,5 %, en léger excès, sur une suspension aqueuse de (III). Le mélange est exactement neutralisé par HCl, puis additionné d'une solution tampon acide acétique-acétate de sodium 1 : 10 (en poids) afin de maintenir constamment le pH entre 5 et 6.

On ajoute ensuite l'hydrate de chloral en quantité équimoléculaire; il se dégage immédiatement des bulles de CO_2, cette décarboxylation, *spontanée* à la température ordinaire, se prolongeant pendant 3 ou 4 jours.

On évapore l'eau dans le vide presque à sec et reprend le résidu à l'éther. Par évaporation de l'éther, (I) se sépare sous forme de beaux cristaux (aiguilles ou tables, F 74°; Rdt 35 %).

De ce cétol (I), nous avons préparé, à côté de l'oxime déjà connue [5], F 103°, les dérivés suivants, non mentionnés dans la littérature :

Fonction cétone : Semicarbazone, F 158-159° (déc.); *p*-nitrophénylhydrazone, F 152° (déc.).

Fonction alcool : Acétate, $É_{29}$ 150°; benzoate, F 78°; phényluréthane, F 59°.

2. *Condensation avec l'ester acétylacétique.* — Nous avons ensuite préparé l'ester (V), selon les indications de Kulkarni et Shah [6], en condensant, à la température ordinaire, l'ester acétylacétique avec le chloral anhydre en présence de pyridine. Mais nous n'avons pas réussi jusqu'à présent à isoler les produits de décarboxylation directe de cet ester sous l'action de l'acide oxa-

(4) Schöpf et Thierfelder, *Ann.*, 518, 1935, p. 127.
(5) Wislicenus et Kircheisen, *ibid.*
(6) Kulkarni et Shah, *Chemical Abstracts*, 42, 1942, p. 3795.

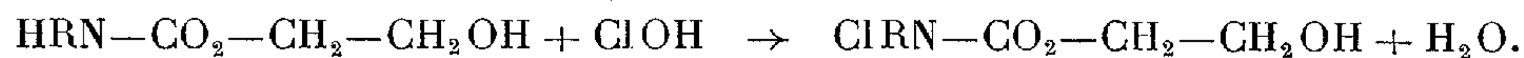
lique à 4 % ou de l'acide chlorhydrique à 50 %. Toutefois, si l'acide oxalique ne semble avoir aucune action, même après chauffage prolongé à reflux, l'acide chlorhydrique, au contraire, le décompose lentement dans les mêmes conditions, d'une part en le dédoublant en ses constituants, chloral et ester acétylacétique, ce dernier composé subissant alors la coupure cétonique, et d'autre part, en donnant lieu à diverses réactions de déshydratation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques propriétés des β-hydroxyalcoyluréthannes.* Note de MM. **Raymond Delaby, Pierre Chabrier, Alès Sekera** et **Pierre Piganiol**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les propriétés des β-hydroxyalcoyluréthannes, de formule générale, $RR_1N—CO_2—CH_2—CH_2OH$, n'ont pas encore été étudiées.

L'objet de cette Note est de signaler quelques réactions de chloration et d'estérification affectant ces substances.

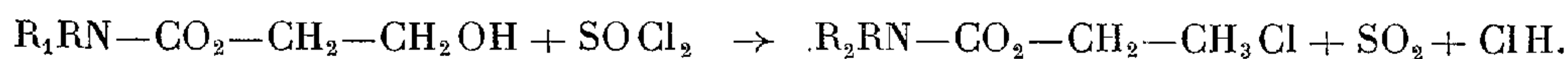
1. Par action de l'acide hypochloreux sur les β-hydroxyalcoyluréthannes en solution aqueuse, en opérant selon la méthode décrite par l'un de nous ([1]), on obtient les *dérivés* N-*chlorés* correspondants, sans qu'il y ait destruction de la fonction alcool primaire. On a par exemple :



$$HRN—CO_2—CH_2—CH_2OH + ClOH \rightarrow ClRN—CO_2—CH_2—CH_2OH + H_2O.$$

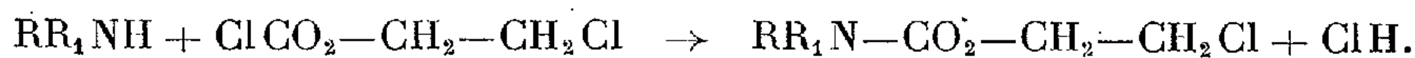
Toutefois, ces dérivés N-chlorés (notamment le dérivé N-dichloré $Cl_2N—CO_2—CH_2—CH_2OH$), sont instables; leur décomposition spontanée prend souvent une allure explosive d'une grande violence.

2. La chloration porte au contraire sur la fonction alcool primaire lorsqu'on emploie un autre réactif halogénant, le chlorure de thionyle. A la température ordinaire, il se forme dans d'excellentes conditions les *esters chlorhydriques* de ces hydroxyalcoyluréthannes, selon la réaction :



$$R_1RN—CO_2—CH_2—CH_2OH + SOCl_2 \rightarrow R_2RN—CO_2—CH_2—CH_3Cl + SO_2 + ClH.$$

Bien que la fonction alcool soit primaire, les rendements de l'opération sont excellents et l'on n'a pas observé la production d'esters sulfureux $SO(OR)_2$. Jusqu'ici, de tels composés s'obtenaient par action du chloroformiate de chloréthyle sur l'ammoniaque ou les amines ([2])



$$RR_1NH + ClCO_2—CH_2—CH_2Cl \rightarrow RR_1N—CO_2—CH_2—CH_2Cl + ClH.$$

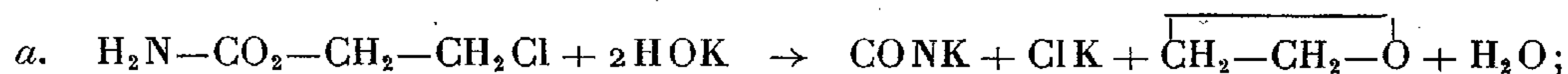
L'atome de chlore ne peut être saponifié par les alcalis sans qu'il y ait destruction de la molécule. Cette destruction s'oriente diversement suivant

---

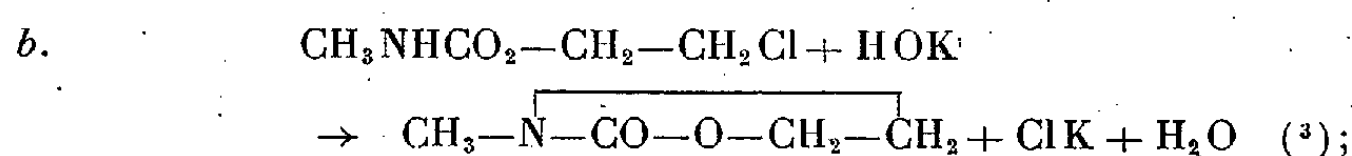
([1]) P. Chabrier, *Ann. Chim.* (11e), 17, 1942, p. 353.

([2]) D.-B. Sprënson, *J. Amer. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 2249.

que l'atome d'azote est plus ou moins substitué; les équations suivantes, paraissant générales, schématisent ces diverses réactions :

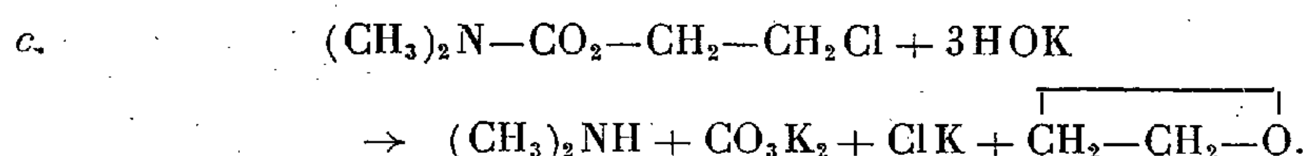


a. $H_2N-CO_2-CH_2-CH_2Cl + 2HOK \rightarrow CONK + ClK + \overline{CH_2-CH_2-O} + H_2O$;



b. $CH_3NHCO_2-CH_2-CH_2Cl + HOK$

$\rightarrow CH_3-\overline{N-CO-O-CH_2-CH_2} + ClK + H_2O$ (³);

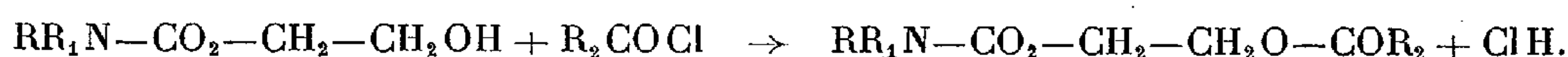


c. $(CH_3)_2N-CO_2-CH_2-CH_2Cl + 3HOK$

$\rightarrow (CH_3)_2NH + CO_3K_2 + ClK + \overline{CH_2-CH_2-O}$.

Les vitesses de ces réactions à froid, toutes choses égales d'ailleurs, sont sensiblement dans les rapports de 20 pour la réaction *a*, 10 pour la réaction *b*, et 1 pour la réaction *c*, prise comme référence.

3. L'action directe d'un chlorure d'acide sur les β-hydroxyalcoyluréthannes, conduit aisément à l'*ester* correspondant :



$RR_1N-CO_2-CH_2-CH_2OH + R_2COCl \rightarrow RR_1N-CO_2-CH_2-CH_2O-COR_2 + ClH$.

Mais si l'on opère en milieu aqueux carbonaté, l'estérification ne s'effectue pas. Dans le cas de l'action du chlorure de benzoyle, on observe d'ailleurs un phénomène assez curieux qui se produit plus spécialement en présence de carbamate de β-hydroxyéthyl N-disubstitué (diméthyle ou diéthyle par exemple). La réaction normale du chlorure de benzoyle en milieu carbonaté conduisant à la formation d'acide benzoïque est déviée : il se forme environ 60 % d'anhydride benzoïque et la vitesse de décomposition du chlorure d'acide s'effectue dans ces conditions environ quatre fois plus rapidement qu'en l'absence de carbamate qui ne semble pas participer à la réaction.

Au cours de ce travail, une trentaine de composés nouveaux illustrant ces faits ont été isolés; leur description sera faite dans un autre Recueil.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Mesure du paramètre d'un polycristal cubique à partir d'un diagramme Debye-Scherrer.* Note de M. **Pierre-Jean Bouchet**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Pour calculer le paramètre d'une phase polycristalline cubique, on mesure avec précision l'angle de Bragg θ relatif à une raie d'indices connus, obtenue en *retour* avec un rayonnement de longueur d'onde déterminée [1]. On utilise en général un porte-pellicule plan, analogue à celui de M. Bénard [2].

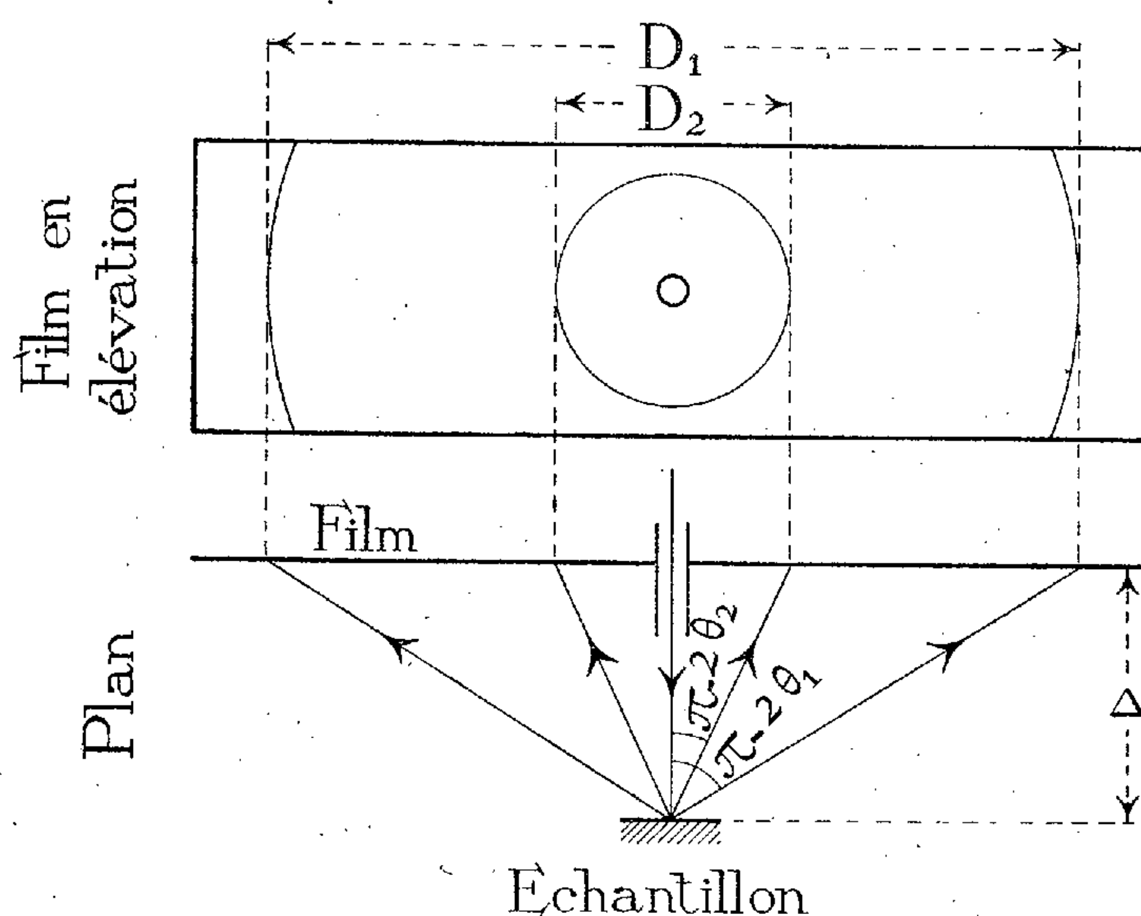
(³) H. Schotle, *Hoppe Seylers*, 2; *Physiol. Chemie*, 174, 1928, p. 143.

(¹) Van Arkel, *Zeits Krist.*, 27, 1927, p. 25.

(²) *Thèse*, Paris, 1939.

Cette mesure est affectée de plusieurs erreurs systématiques appréciables : les dimensions de la pellicule photographique se modifient au cours des manipulations et varient avec l'état hygrométrique; la distance de l'échantillon à la pellicule, difficile à mesurer avec exactitude, est au surplus mal définie à cause de l'absorption qui place le centre effectif de la diffraction à l'intérieur de l'échantillon; le faisceau incident n'est pas exactement perpendiculaire à la pellicule. Pour éliminer les effets de ces erreurs, on utilise d'habitude une substance étalon dont le spectre s'enregistre à côté du spectre étudié, ce qui permet de mesurer les angles θ par interpolation.

Cet artifice n'est pas dépourvu d'inconvénient. Si l'étalon est une poudre dont l'échantillon est recouvert, les centres effectifs de diffraction ne sont pas confondus dans les deux substances. Et, même si l'on dispose côte à côte l'échantillon et un étalon solide, en faisant affleurer leurs surfaces, le rayonnement incident se partage entre les deux substances et le temps de pose s'en trouve sensiblement augmenté.



Un procédé simple qui exclut l'emploi d'étalon, en usage depuis plusieurs années au laboratoire d'Imphy, élimine les effets des trois erreurs citées et concilie la précision nécessaire à l'étude structurale des alliages avec une simplicité précieuse dans les travaux de contrôle industriel.

Considérons la figure formée en retour par deux anneaux de diffraction émis par une même phase, et soient θ_1 et θ_2 les angles de Bragg ($\theta_1 < \theta_2 < 90^\circ$). Si Δ est la distance de la pellicule au centre de diffraction, les diamètres des deux anneaux $D_1 = 2\Delta \operatorname{tg}(\pi - 2\theta_1)$ et $D_2 = 2\Delta \operatorname{tg}(\pi - 2\theta_2)$ ont un quo-

(3) *Ibid.*

tient D_1/D_2 indépendant de Δ. Comme les variations de longueur qui peuvent affecter la couche sensible conservent à la figure sa similitude, et comme il suffit de régler à 1/3 de degré près la perpendicularité du faisceau à la pellicule, il apparaît que le rapport D_1/D_2 n'est pas affecté par les erreurs systématiques.

C'est précisément *ce rapport* D_1/D_2 *qui sert de base au calcul des paramètres*, par approximations successives ou au moyen de tableaux calculés d'avance. La précision de cette mesure ne dépend plus que de la finesse des pointés, lorsqu'on mesure les diamètres des anneaux et la différence $(90^\circ - 2\theta_2)$.

Un exemple va caractériser la précision de cette méthode. Un échantillon d'aluminium très pur (99,998 % Al), placé à 40^{mm} environ de la pellicule, a été soumis au rayonnement du cuivre à 23°C; il était animé d'une rotation autour d'un axe horizontal et d'une oscillation de $\pm 7^\circ$ autour d'un axe vertical passant par le plan de la surface irradiée. Les diamètres des anneaux, mesurés au moyen d'un photomètre Zeiss pour raies spectrales (qui permet d'apprécier par différence les longueurs à $\pm 0^{mm},01$ près), ont été trouvés égaux à 61,37 et 18,62 mm pour les raies (422) $K\alpha_1$, et (333) $K\alpha_2$: d'où $D_1/D_2 = 3,295 \pm 0,003$.

En utilisant les valeurs des longueurs d'onde les plus récemment déterminées pour ces raies par Sir Lawrence Bragg (4) : 1,54050 et 1,54434 Å, on obtient pour le paramètre : $a = 4,0496 \pm 0,0001$ Å, valeur en excellent accord avec les données de la bibliographie (5).

GÉOLOGIE. — *L'évolution actuelle du Vaccarès.*

Note de Mme Lucien Razavet présentée par M. Charles Jacob.

Le Vaccarès s'agrandit depuis longtemps par suite de l'attaque de ses rives, sous l'effet des vagues poussées par les vents portants qui élèvent le niveau des eaux, le long des rivages vers lesquels ils soufflent. Le phénomène est souligné par la présence de berges d'érosion subverticales, périodiquement rafraîchies, dont le recul est souligné par le déchaussement et la mort des salicornes et des tamaris bordant le rivage. Les parties en retrait se trouvent parfois protégées par des cordons littoraux (débris de coquilles) à l'abri desquels on peut observer des atterrissements vaseux et l'établissement éventuel d'un nouveau sol de végétation. Malheureusement cette protection n'est que temporaire et cesse avec le recul général du rivage. L'attaque des cordons littoraux débute vers leur extrémité et est souvent marquée par la formation d'une micro-falaise d'érosion.

Ces phénomènes semblent devoir s'expliquer comme suit : en raison de sa

faible profondeur, le Vaccarès est agité jusqu'au fond par les vents de tempête, et les sédiments (surtout vaseux) sont remis en suspension dans les eaux dont la charge sédimentaire peut devenir considérable. Comme, surtout depuis 1935, les martelières de la digue à la mer sont régulièrement ouvertes par vent du secteur Nord, de manière à faciliter l'évacuation des eaux du Vaccarès, une quantité énorme de sédiments se trouve, ainsi, entraînée dans les étangs du Sud (Fournelet, Lion, Monro) et vers la mer. Malgré une sédimentation biologique active, et compte tenu de ce que le Vaccarès n'a longtemps reçu que les eaux des roubines, lentes et peu chargées en alluvions, ce départ sédimentaire n'est pas compensé et son importance semble suffire à expliquer les phénomènes d'érosion constatés.

On notera, d'ailleurs, que l'écoulement et la dérive vers le Sud d'eaux, dont la charge sédimentaire peut dépasser localement la *charge limite*, amènent la formation d'atterrissements, dans la partie méridionale de l'étang (vers Mornez et en face du Grau du Renard) ainsi que le remblayage des étangs du Sud dans lesquels, en raison de leurs plus petites dimensions, l'action des vagues est, sans doute, moins marquée. Malgré la relative rapidité de cet alluvionnement, les berges de ces étangs présentent, assez paradoxalement, des falaises d'érosion dont certaines sont peut-être actuellement, malgré leur fraîcheur apparente, de véritable falaises mortes. Tel est, en particulier, le cas des falaises sud de la rive du Fournelet qui n'ont pas bougé depuis l'abaissement du plan d'eau du Vaccarès résultant du fonctionnement régulier des écluses (1936). On peut penser qu'antérieurement, le plan d'eau étant plus élevé et les apports sédimentaires éventuellement compensés par les entraînements, les phénomènes de creusement pouvaient alors prédominer là, comme dans le Vaccarés.

Il est à noter que les berges vaseuses limitant actuellement le Vaccarès et les étangs annexes ne semblent pouvoir donner lieu, sauf fixation locale par les roseaux ou remblayage pratiquement complet des fonds adjacents, à aucun profil d'équilibre stable. Le phénomène s'est probablement amorcé dès la destruction, faute d'alimentation suffisante, des cordons littoraux sableux qui devaient initialement border ces étangs et à l'abri desquels s'étaient établis et consolidés les remblayages vaseux.

En définitive, les phénomènes d'érosion ne semblent pouvoir être enrayés que par un apport massif de sédiments. L'augmentation notable du volume des eaux d'écoulement des rizières, parfois chargées de troubles, mais dépourvues d'éléments sableux, ne paraît pas devoir apporter, sous ce rapport, une bien grosse amélioration. Toutefois, en abaissant la salure, ces eaux peuvent contribuer au développement des roselières qui ont tendance à s'établir au débouché des roubines et sont susceptibles de constituer une défense locale efficace contre l'érosion, amenant parfois un gain notable de la terre ferme (canal des Méjannes et canal du mas de la Capellière).

GÉOLOGIE. — *Cryoturbations dans des couches archéologiques de la Charente et du Périgord.* Note de M[lle] **Henriette Alimen** et M. **Pierre David**, présentée par M. Charles Jacob.

L'exploration des régions périglaciaires et les observations en haute montagne ont montré que les terrains exposés au froid se déforment, en subissant soit des décollements et glissements (*solifluxions*), soit des déformations sur place (*cryoturbations*). La trace de phénomènes analogues, qui ont eu lieu au cours du Quaternaire, a pu être observée, en Charente, en juin 1949, à l'occasion du Congrès *Sédimentation-Quaternaire*. Y. Guillien, en particulier, a montré les beaux sols polygonaux qu'il a découverts dans les parties superficielles des calcaires jurassiques. Connues jusqu'ici, en Charente, uniquement dans des formations géologiques (couches secondaires, dépôts de pente, alluvions des vallées), ces déformations ne pouvaient être datées qu'indirectement. En tenant compte des vestiges préhistoriques contenus dans l'ensemble des dépôts quaternaires qu'elles affectent, Y. Guillien les a attribuées à ce qu'il a appelé *la période froide* des temps quaternaires, allant de la fin du Moustérien moyen à la fin de l'Aurignacien (1).

Une relation directe vient d'être établie entre des déformations indiscutablement liées au froid et des couches archéologiques, par la découverte, en juillet dernier (H. Alimen), d'un sol polygonal dans les couches de l'abri de Mouthiers (Charente), dit abri de la Chaire à Calvin, fouillé, depuis plusieurs années, par l'un de nous (P. David).

Les couches situées sous la voûte, conservées dans un large témoin, sont constituées par l'entassement de fragments calcaires de moyenne dimension (une dizaine de centimètres en moyenne), provenant du délitage du plafond; à leur sommet, de gros blocs (40 à 80[cm]) s'alignent à l'aplomb du bord de la voûte. La cryoturbation a dérangé tous ces éléments. Sur la face S. du témoin, des zones verticales de *pierres dressées*, sensiblement équidistantes, sont séparées par des *cuvettes* que dessinent les pierrailles. L'ensemble est assimilable aux *festons* qui caractérisent, sur une coupe verticale, les sols polygonaux ou les sols striés. Sur cette coupe, trois cuvettes et le début d'une quatrième occupent une longueur totale de 4[m],40 et une hauteur de 0[m],80. Les gros blocs supérieurs, entre lesquels s'insinuent les pierres dressées, ne sont pas restés horizontaux, mais présentent des plongements divers. Ils ont donc été affectés par la cryoturbation. Peut-être faut-il attribuer à leur présence le rapport un peu anormal du diamètre à la profondeur des cuvettes (rapport mesuré 1,5; rapport classique 1,7). La face W. du témoin, que nous avons observée en octobre, en compagnie de Y. Guillien, montre aussi des festons, sur une longueur de 2[m] et une hauteur atteignant 0[m],60. Ici, ces festons passent manifestement au-dessus des gros blocs qui ont quelque peu modifié leur forme; ils se poursuivent jusqu'au voisinage de la

(1) *Bull. S. P. F.*, 40, 1943, p. 53. Pour la chronologie de la période froide : les données charentaises, *Géologie des terrains récents, Session extraordinaire des Sociétés belges de Géologie*, 1947 (1946), p. 355.

paroi formant le fond de l'abri. L'examen de ces deux coupes perpendiculaires permet de conclure à l'existence d'un *sol polygonal* à Mouthiers et de situer sa formation après la période d'effondrement des gros blocs.

La base des couches cryoturbées appartient au Paléolithique supérieur (Renne, industrie à lames), sans qu'on puisse préciser davantage son niveau archéologique. La masse des couches cryoturbées est quasi stérile; la majeure partie de l'industrie et de la faune se trouve au-dessus des gros blocs, dans la partie aujourd'hui superficielle, où les fouilles ont décelé l'étrange mélange de Solutréen et de Magdalénien inférieur. Le Renne s'associe au Saïga, avec prédominance de ce dernier (P. David). Mais il convient d'ajouter que cette couche archéologique s'enfonce en *poches* dans les couches sous-jacentes, et que l'un de nous (H. Alimen) a jadis recueilli une feuille de laurier solutréenne en un point plus éloigné de la falaise, au sein d'une couche de pierrailles très dérangées qui devait s'apparenter aux couches cryoturbées visibles aujourd'hui sous la voûte.

Ainsi, sans qu'on puisse affirmer que la cryoturbation ait intéressé la couche archéologique superficielle tout entière, il semble possible de suggérer qu'elle est postérieure au Solutréen, sinon même au Magdalénien inférieur. En tout cas, son âge paléolithique supérieur ne fait aucun doute. Et quant aux conditions climatiques, le sol polygonal de Mouthiers en révèle de bien définies, qui se rapprochent de celles régnant actuellement au Spitzberg : température moyenne annuelle comprise entre — 1° et — 5° environ, et régime relativement humide (²).

Dans la station éponyme du Moustier (Dordogne), type du Moustérien, des traces de cryoturbation ont été identifiées en août (P. David en présence de R. Ciry). Une poche de 70^{cm} de haut et 50^{cm} de large affecte le sommet du Moustérien de tradition acheuléenne. Les couches avec Moustérien typique qui la surmontent sont parfaitement horizontales et nullement touchées par la déformation. Ici, l'action du froid est parfaitement datée.

Ainsi, dans le Nord du Bassin d'Aquitaine, des déformations qui n'ont aujourd'hui leur analogue que dans les régions périglaciaires ou en haute montagne, peuvent être datées d'une façon précise. Les unes (poches du Moustier, Dordogne) se sont produites au cours du Moustérien supérieur; les autres (sol polygonal de Mouthiers, Charente) appartiennent à une phase, sans doute tardive, du Paléolithique supérieur.

GÉOLOGIE. — *Niveaux paléontologiques dans le Quaternaire marin de Casablanca (Maroc).* Note de M. **Georges Lecointre**, présentée par M. Paul Fallot.

En 1918, j'ai établi une succession des faunes quaternaires de Casablanca. Plus tard, se basant sur cette étude, Neuville et Ruhlmann ont décrit minutieu-

(²) A. Cailleux, *Expéditions polaires françaises, Missions Paul-Émile Victor*, 1949, p. 47.

sement les carrières des environs de cette ville et précisé l'intercalation des niveaux à industrie humaine, dans les sédiments marins et continentaux, déjà entrevue par Antoine. De sérieuses critiques ont été apportées à ces vues par J. Bourcart. Or, à la faveur d'une mission que m'a confiée, en 1948, l'Institut Scientifique chérifien, j'ai pu revoir la question sur place, puis étudier les faunes recueillies au Muséum National d'Histoire Naturelle avec l'aide de M. le Professeur E. Fischer-Piette. Il en résulte qu'on doit distinguer dans le Quaternaire ancien du Maroc non plus une seule, mais deux faunes.

1. La plus ancienne est caractérisée par la présence, au milieu d'un ensemble très analogue à celui de la Méditerrannée actuelle, de deux mollusques : *Acanthina crassilabrum* Lamk, et *Trochatella trochiformis* Gmelin. Le premier est connu à l'époque actuelle au Chili-Pérou, la seconde dans la même région et aussi au Cap Vert (quaternaire et actuelle). Cette faune caractérise les gisements les plus élevés en altitude 70 à 90^{m} : Sidi Messaoud, Beau-Site, Maarif-Aéroport, Dar ben Qiran, O. Mellah (Aïn Seridj).

2. Une seconde faune comprend les mêmes espèces en mélange avec deux autres qui ne descendent pas actuellement au Sud du Portugal : *Littorina littorea* et *Purpura lapillus*. J'y rattache, outre la lumachelle de Sidi Abd er Rahmane, les calcaires inférieurs de la carrière Racine (= sous Anfa). *L. littorea* disparaît ensuite totalement de la faune marocaine, et *P. lapillus* ne persiste qu'à l'état d'individus isolés d'une extrême rareté jusqu'à l'époque actuelle.

La lumachelle de Sidi Abd er Rahmane contient une surabondance de Patelles qui oblige à la considérer comme tout à fait littorale, c'est-à-dire déposée sous une tranche d'eau de 5^{m} au maximum. Le rivage se serait donc tenu, à cette époque et à cet endroit, vers 25^{m}.

3. Après une régression importante, une mer transgressive laisse des dépôts contenant en grande abondance *Purpura hæmastoma* et *Patelle Safiana* qui persistent jusqu'à l'époque actuelle. Le rivage se tient aux environs de 30^{m} : Carrières de Sidi Abd er Rahmane (couche transgressive du front Nord), Martin, Racine (couches supérieures) et Le Palmier (avec *Elephas Iolensis*).

On est tenté de rattacher ces faunes aux niveaux classiques de la Méditerranée : I = Sicilien, II = Milazzien, III = Tyrrhénien, mais jusqu'à ce que les recoupements des faunes marines avec les faunes de mammifères soient plus nombreux, j'estime que cette classification ne peut avoir qu'un caractère essentiellement provisoire.

En effet, *Trochatella trochiformis* remonte au moins au Pliocène. De plus, j'ai recueilli *A. crassilabrum* dans la même couche des fouilles de l'Oued Fouarat où Choubert, Ennouchi et Marçais ont récemment signalé des *Pecten planomedius* (roulés) et des molaires d'*Elephas meridionalis* et d'*Anancus Osiris*. L'*Acanthina* existerait donc dès le Calabrien-Villafranchien. On peut alors être tenté de rattacher à cet étage les hauts niveaux de Casablanca (I). L'inva-

sion de la faune nordique (II) à *Littorina* et *Purpura lapillus* s'accorderait bien en effet avec la pénétration des faunes froides en Méditerranée pendant le Sicilien.

D'autre part, il paraît difficile, malgré l'absence des Strombes de ne pas considérer l'apparition en grand nombre de *Purpura hæmastoma* sur les côtes marocaines comme contemporaine du pullulement de la même espèce dans les couches à Strombes (Tyrrhénien) de la Méditerranée.

Nous sommes donc placés dans l'alternative de choisir entre les deux classifications suivantes :

A. Sicilien : rivage 90-100^{m}; Milazzien : 25^{m}; Tyrrhénien : 30^{m}.

B. Calabrien : 100^{m}; Sicilien : 25^{m}; Milazzien : inconnu; Tyrrhénien : 30^{m}.

Si l'on réfléchit que la date de l'apparition de l'Homme au Maroc dépend de la classification adoptée, puisque l'Industrie Clacto-Abbevillienne a été découverte par Neuville et Ruhlmann dans les couches inférieures de la carrière de Sidi Abd er Rahmane, on ne peut être que saisi de l'importance du problème posé.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Quaternaire marin fossilifère le long de la Côte occidentale du Labrador.* Note de MM. **René Abrard** et **Edgar Aubert de la Rüe**, présentée par M. Paul Fallot.

Étudiant les dépôts glaciaires remaniés par la transgression marine pléistocène dans la partie occidentale de la péninsule d'Ungava, l'un de nous (1) a pu découvrir deux gisements fossifères à proximité du littoral de la baie d'Hudson.

Dans la partie Ouest de la péninsule d'Ungava, des vestiges probants de l'invasion marine pléistocène, succédant immédiatement au retrait de la calotte glaciaire, ont pu être observés par nous, jusqu'à la cote de 66^{m}. Il s'agit de plages soulevées sous forme de bancs de galets classés, parsemant les mamelons granito-gneissiques en bordure de la vallée inférieure de la Kogaluk, entre 59 et 60° latitude Nord. Toutefois, les Mollusques fossiles ont été rencontrès seulement dans les terrasses marines peu élevées formées d'une argile sableuse gris verdâtre qui s'insinuent entre ces faibles reliefs. Ces fossiles ont pu être observés jusqu'à une quarantaine de kilomètres à l'Est du littoral actuel et à la cote maximum + 35^{m} environ.

Le gisement fossilifère le plus riche a été découvert sur la rive droite de la Kogaluk, au pied de la première chute de ce fleuve à partir de l'aval, entre les

(1) E. Aubert de la Rüe, qui participait avec l'appui de l'*Arctic Institute of North America*, à l'expédition organisée par M. J. Rousseau, directeur du Jardin Botanique de Montréal, pour traverser en 1948 la péninsule d'Ungava dans le Labrador septentrional.

cotes 10 et 20, à une trentaine de kilomètres de la côte à vol d'oiseau. Les espèces suivantes ont été recueillies dans ce gisement ([2]).

Rhynchonella (*Hemithyris*) *psittacea* Gmel., *Chlamys islandica* Müll., *Cardium islandicum* Chemn., *Astarte borealis* Chemn., *A. compressa* Montagu, *A. laurentania* Lyell, *Macoma calcarea* Chemn., *Mya arenaria* L., *Saxicava pholadis* L., *Natica heros* Say, *Buccinum groendlandicum* Chemn., *B. scalariforme* Beck, *B. ciliatum* F., *Balanus porcatus* Da Costa. Toutes ces espèces sont actuellement répandues dans la province arctique, sauf *Astarte laurentiana*, décrit sur un fossile du Pléistocène du Canada, auquel on ne peut rapporter aucune forme actuelle.

Le second point fossilifère examiné, tout à fait indépendant du précédent, à quelques dizaines de kilomètres plus au Nord-Ouest, est situé dans le fond de la baie de Povungnituk, au bord même de la baie d'Hudson, à quelque 500^{m} à l'Est du poste de Povungnituk de la Compagnie de la Baie d'Hudson. Il est compris dans des dépôts marins, également argileux, largement étalés sur le substratum précambrien le long de la rive gauche d'un torrent servant d'émissaire à un lac voisin. Les niveaux les plus fossilifères se trouvent ici seulement à 3 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Les espèces suivantes ont été recueillies dans ces dépôts de la baie de Povungnituk :

Leda buccata Steenst, *Cardium islandicum* Chemn., *Astarte compressa* Montagu, *Macoma calcarea* Chemn., *Mya truncata* L. var. *uddevallensis* Forbes, *Saxicava pholadis* L., *Admete viridula* F., *Trichotropis borealis* Brod et Sow., *Buccinum ciliatum* F.

Les rapides investigations faites dans ce secteur occidental du Labrador, proche du 60e parallèle, semblent n'indiquer qu'un assez faible relèvement de la péninsule depuis le Pléistocène. Ce mouvement positif est nettement moindre, en apparence tout au moins, que le soulèvement ayant affecté les régions voisines. Rappelons que A. P. Low signala une plage marine à la cote 238 (715 pieds) au cap Smith ([3]), où la plus haute terrasse relevée par H. C. Gunning ([4]) n'est toutefois que de 145^{m} (435 pieds). Plus au Sud, au Promontoire Portland, E. H. Kranck a observé une ancienne ligne de rivage à 103^{m} (309 pieds) ([5]).

Il n'est pas douteux que le soulèvement récent du Labrador a été très inégal, mais la distance entre le cap Smith et le promontoire Portland, d'environ 200^{km}, entre lesquels se situe ce secteur que nous venons d'étudier, permet

---

([2]) Déterminations de R. Abrard.

([3]) *Commission géologique*, vol. XIII, part. II, 84 p., 1902, Ottawa, 1910. Publ. n° 1069.

([4]) *Geol. Surv. Canada. Sum. Rept.*, 1933, Part. D, p. 139 D-154 D., 1934.

([5]) *Geological Research along the East Coast of Hudson Bay. Arctic*, Vol. 1, n° 1, Spring 1948, p. 66-67, Montréal.

difficilement d'expliquer une aussi forte anomalie. Les observations faites le long de la côte occidentale de la baie d'Hudson sont encore trop fragmentaires pour affirmer que la zone envisagée ici, celle qui est comprise entre les rivières Kogaluk et Povungnituk, soit demeurée déprimée entre deux secteurs voisins plus fortement relevés. Il est possible, et divers indices le laissent croire, qu'un lobe glaciaire ait subsisté plus tardivement ici, s'opposant à une plus grande avancée de la mer pléistocène.

GÉOLOGIE. — *Quelques observations tectoniques sur les schistes cristallins et les granites de la Cornouaille maritime.* Note de M. **Jean Cogné**, transmise par M. Alexandre Bigot.

Étudiant l'ensemble des schistes cristallins du Sud de la Bretagne, il m'a été donné de faire plusieurs observations tectoniques, particulièrement dans la région située au Sud des villes de Concarneau et de Quimperlé. Ce dernier secteur comprend des ectinites (micaschistes et gneiss) dans lesquelles ont pris place des migmatites. Des granites recoupent à l'Ouest et à l'Est ces schistes cristallins (1).

1. *Micaschistes et gneiss.* — Sous une apparence tranquille et bien litée, ils montrent un boudinage intense des lits d'amphibolites et de leptynites qu'ils contiennent. De beaux exemples, avec exsudations de quartz et parfois de feldspath aux extrémités des boudins, sont visibles un peu partout sur la côte entre Raguenès et Le Pouldu, et plus spécialement en ces deux localités. D'autre part de nombreuses veinules ou lentilles de quartz se montrent plissées à l'extrême, mettant en évidence un plissottement fin et serré, témoignage d'une action intense, qui ne se manifeste que dans le détail, aucune trace d'anticlinal ou de synclinal n'étant visible dans ces roches toujours redressées subverticalement ou présentant un très fort pendage vers le Nord (75-80°).

A noter aussi le changement progressif de direction des lits, d'Ouest en Est, où l'on passe de l'orientation de la Cornouaille (120°) à la direction du Léon (70°). Cette virgation s'observe non seulement dans la masse des ectinites, mais aussi dans les septa que contiennent les migmatites du Belon, plus au Nord, et enfin, semble-t-il dans les gneiss de Quimperlé eux-mêmes (St. Ouarneau-en-Riec). A l'Est de la Laïta ce changement de direction progressif laisse place à un champ de fractures où les directions oscillent brusquement de 120° à 45°. Dans son détail le découpé de la côte est dû à une série de cassures Nord-Sud, Est-Ouest, Nord-Ouest-Sud-Est, et affecte aussi bien les ectinites que les granites de Trégunc et de Guidel ou la *granulite* de Lorient.

(1) *Voir* bibliographie dans *Bull. serv. carte Géol. Fr.*, 48, 1943.

A l'échelle microscopique il est intéressant d'observer certains lits graphitiques où une cristallisation d'albite assez importante s'est effectuée. On peut voir le graphite dessinant dans les cristaux d'albite des lignes qui ondulent largement et passent d'un cristal à l'autre sans subir de coupure ni de perturbation. Peut-être avons-nous là un témoin, en quelque sorte *fossilisé*, de plissottements microscopiques d'une roche charbonneuse et que la cristallisation postérieure de l'albite a fixés sans leur faire subir de dérangement. Ceci n'est d'ailleurs observable que dans des lits assez rares situés dans des zones de calme relatif (Raguenès), la majeure partie de ces lits graphitiques riches en albite ayant subi un écrasement tel qu'on ne retrouve plus qu'un micaschiste satiné gris de fer, formé de graphite et de séricite, accompagné d'un peu de chloritoïde (Le Pouldu).

2. *Migmatites.* — Les migmatites roses du Belon ne suivent pas la virgation observée dans les ectinites, mais restent à peu près uniformément orientées suivant une direction bissectrice (90-100°), sauf près des bordures des septa et près des fronts où la trame des embréchites suit la direction des ectinites voisines.

L'importante bande de migmatites blanches, qui passe plus au Nord et qui s'étend de la baie d'Audierne à la Loire, a subi un écrasement intense et est uniformément orientée Cornouaille (120°).

3. *Granites.* — Le granite de Trégunc est massif et porphyroïde. Sur ses bordures, il tend à être orienté Est-Ouest (90°). Nous avons déjà parlé ailleurs de ses rapports avec le granite fin à deux micas de Benodet-Penmarc'h : les reliques du granite de Trégunc, enclavées dans le granite à deux micas fin et homogène, sont toutes marquées d'une orientation très nette des éléments.

Conclusion. — Ces observations, si fragmentaires soient-elles encore permettent d'apporter de nouvelles précisions sur l'histoire géologique de la Cornouaille maritime :

A. Métamorphisme d'un matériel varié, d'âge primaire probable, accompagné de boudinage de certains lits. Migmatisation dans la région de l'Aven, du Belon et de la Laïta, avec un faciès particulier. Au cours de cette migmatisation, le matériel métamorphisé est redressé, et le front suit ce mouvement. Certains plissottements internes se produisent, la virgation se forme. A proximité du front, les migmatites prennent la même direction. Plus loin, elles prennent une direction moyenne.

B. Mise en place du granite de Trégunc.

C. Métamorphisme à effets variés, ayant en particulier aligné le granite précédent dans sa portion Ouest. Deuxième phase de migmatisation, s'étendant de la baie d'Audierne vers le Sud-Est de l'Armorique, un peu au Nord de la première bande. Elle affecte parfois le granite de Trégunc et le plus souvent les schistes cristallins.

D. Phases tectoniques hercyniennes principales avec mise en place synciné-

matique de certains granites fins (dont les faciès *granulite*). Cependant certains massifs de ces granites fins, par exemple celui de Penmarc'h-Benodet ou celui de Guidel, sont relativement indemnes de l'orientation. En contre-coup de ces mouvements qui ont eu leur maximum d'intensité plus au Nord, une tectonique de faille se produit ici, affectant schistes cristallins et granites, sans déranger les orientations entre Raguenès et Le Pouldu, mais les perturbant intensément à l'Est de la Laïta. C'est au cours de cette période qu'est monté le double filon de microgranite, orienté Nord-Sud, que l'on observe sur les rives de la Laïta.

OCÉANOGRAPHIE. — *Observations sur le milieu fluvio-marin de la Charente en période d'étiage*. Note (*) de M. **Claude Francis-Bœuf**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Les observations et les mesures ([1]) ont été effectuées dans l'estuaire, du 8 au 14 septembre, aux sept stations suivantes : Bouée par le travers du Fort Enet, Port des Barques, Le Vergeroux, Rochefort, L'Hopiteau, Taillebourg et Saintes. Elles ont été faites à bord du *Muddy* ou du *Jean Foucre*, toutes les heures pendant la demi-marée de flot. A ces dates la Charente avait un niveau d'étiage et les coefficients de marée étaient moyens.

1. Les mesures de la teneur en chlorures (chlorinité) mettent en évidence deux zones distinctes :

a. Une zone où la pénétration de l'onde de marée se manifeste simultanément par des variations de la teneur en chlorures qui, à cette époque de l'année, sont du même ordre en surface et près du fond (gradient vertical sensiblement nul). L'amplitude de ces variations, à peine notable à l'île d'Aix, augmente progressivement jusqu'à un maximum qui se situe entre le Vergeroux et Soubise où elle atteint (entre la mesure de basse mer et celle de haute mer) plus de 10^{g} Cl °/₀₀. Puis elle décroît lentement pour, finalement, s'annuler un peu en amont de L'Hopiteau (à 58^{km} de l'embouchure) et bien avant Taillebourg où l'eau reste constamment douce.

b. Une zone comprise entre un point situé un peu en amont de L'Hopiteau et un point situé à quelques kilomètres en amont de Saintes, où la marée ne se manifeste que de façon dynamique.

2. Le courant de flot en surface (mesuré à l'aide de flotteurs) atteint généralement son maximum de vitesse 2 heures après le renversement de la marée. La vitesse diminue ensuite lentement jusqu'au renversement suivant de la

(*) Séance du 28 novembre 1949.

([1]) Mission du Centre de Recherches et d'Études Océanographiques exécutée avec la collaboration de MM. G. Berrit, J. Debyser, P. Toussaint et Mlle J. Zang et avec l'aide des Services maritimes des Ponts et Chaussées.

marée, sauf à Rochefort où un deuxième maximum se manifeste 2 heures après le premier. Jusqu'à Rochefort la vitesse maximum du courant de flot de surface atteint et, parfois, dépasse légèrement, 1 m/sec (2 nœuds). A Taillebourg le maximum de vitesse n'atteint que 0,5 m/sec.

Le courant de flot est toujours accompagné de systèmes tourbillonnaires compliqués à axe horizontal et à axe vertical.

3. Entre l'embouchure (Port des Barques) et Taillebourg il existe un important stock de matières en suspension [le *bouchon vaseux* suivant l'image de L. Glangeaud ([2])] ainsi que le montrent les mesures suivantes de teneur en suspensions [exprimées en grammes (poids sec) par litre] :

	Port des Barques.		Vergeroux.		Rochefort.		L'Hopiteau.		Tailleboug.		Saintes.	
	Surface.	Fond.	S.	F.	S.	F.	S.	F.	S.	F.	S.	F.
Basse mer..	1,2	3,8	1,0	6,0	12,4	9,2	1,4	1,8	<0,1	1,0	<0,1	<0,1
Mi-marée.	1,0	1,4	1,6	1,6	2,0	2,0	1,0	19,3	<0,1	1,0	<0,1	<0,1
Haute mer.	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	2,0	1,2	28,0	0,2	1,0	<0,1	<0,1

Le stock semble osciller avec la marée, surtout si l'on considère les teneurs en suspensions, près du fond : à basse mer maximum à Rochefort et minimum à l'Hopiteau, tandis que c'est l'inverse qui se produit à haute mer.

4. Le stock de matières en suspensions se sédimente à un rythme rapide, au cours du jusant, dans les zones intercotidales, où il élabore les vases des slikkes ou des berges, suivant un mécanisme déjà décrit ([3]) : sédimentation de 7^m de vase, en quatre ans, dans le bassin n° 3 du Port de Rochefort à la suite de destructions portuaires par les Allemands ; sur toutes les cales en pente douce, et notamment à Soubise, il se dépose, au cours du jusant, une pellicule de vase de plusieurs millimètres, qui nécessite, de façon constante, la présence d'un homme chargé de la repousser à l'aide d'un râteau plein.

5. Des plongées en scaphandre autonome ([4]) à Taillebourg ont permis de constater par contact (la visibilité étant nulle) que le chenal est dur, libre de vase et parsemé de galets calcaires qui ont été ramenés en surface. Cette observation est à rapprocher de celle d'un autre scaphandrier ([5]) qui a noté, qu'à Rochefort, le chenal est aussi libre de vase mais non de graviers.

6. La teneur en oxygène dissous des eaux de l'estuaire est constamment plus faible (légèrement sous-saturée) qu'en mer et qu'à Saintes, où l'on constate une saturation et parfois des sursaturations. Cette répartition peut s'expliquer par l'important stock de matières en suspensions qui contiennent des matières

([2]) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 8, 1938, p. 7-8.

([3]) C. Francis-Boeuf, *Ann. Inst. Océanogr.*, 23, 1947, p. 149.

([4]) Plongées effectuées, à l'aide de scaphandres Coristaux-Gagnan, par MM. J. Debyser et P. Toussaint.

([5]) Plongées effectuées par M. Martial Michaud, de Saintes.

organiques réductrices auxquelles se trouvent associée une importante activité bactérienne.

Ces quelques observations donnent une image du milieu fluvio-marin de la Charente, en période d'étiage, qu'il serait intéressant, dans l'avenir, de pouvoir comparer à l'image de ce même milieu en période hivernale (fort débit fluvial).

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. CLIMATOLOGIE DYNAMIQUE. — *Trajectoires moyennes des domaines d'anomalies de la pression barométrique.* Note de M. **Lucien Petitjean**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Nous avons montré, dans deux Notes antérieures ([1]), que les anomalies de la pression barométrique annuelle effectuent, au cours du temps, des oscillations quasi stationnaires dont la période est, en moyenne, de 24 mois.

Les centres des domaines d'anomalies positives et négatives suivent des trajectoires qui passent par les points où l'amplitude des oscillations est la plus grande de part et d'autre de lignes nodales.

D'après les mêmes données que précédemment, nous avons déterminé la position moyenne de ces trajectoires. A cette fin, nous avons calculé la moyenne des anomalies de pression pour deux séries de 13 intervalles de 12 mois partant des différents mois de l'année et décalés, l'un par rapport à l'autre, de 24 mois. Chaque anomalie moyenne a ainsi été déduite de l'addition de $13 \times 12 = 156$ nombres. Le rapport de la variabilité moyenne de la pression annuelle à l'écart moyen est inférieur à $\sqrt{2}$ (il est, par exemple, égal à 0,5 pour un point situé par 70° N et 70° W). L'ordre de succession des nombres utilisés n'est donc pas le fait du hasard.

Nous avons ensuite construit 24 cartes d'anomalies moyennes relatives à chacun des mois successifs de la période de 24 mois. Les nombres figurant sur 12 consécutives de ces cartes sont très sensiblement égaux et de signe contraire aux nombres figurant sur 12 autres cartes, ce qui confirme la réalité physique d'une oscillation périodique de la pression annuelle.

Résultats. — Les centres des domaines d'anomalies se déplacent, de décembre à décembre, pour la partie étudiée de l'hémisphère boréal, suivant les trajectoires désignées par les lettres (a) à (g) dans le tableau ci-après qui résume, en place de carte, les résultats de nos calculs.

D'une manière générale, les centres des domaines d'anomalies suivent des trajectoires orientées, en moyenne, de l'Est à l'Ouest, au Nord du 45e parallèle et de l'Ouest à l'Est, au Sud, avec des branches de raccordement orientées dans le sens des méridiens.

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1997 et **227**, 1948, p. 775.

Trajectoires moyennes des domaines d'anomalies de la pression barométrique.

Trajectoire.	Position et signe des centres des domaines d'anomalies en décembre.				Stationnement des anomalies.		Plus forte anomalie.		Remarques.
	Origine.	Signe.	Extrémité.	Signe.	Lieu.	Époque.	Époque.	Valeur (mm/Hg).	
(*a*)...	Mer d'Aral	±	N golfe Bothnie	∓	W Monts Oural (60° N-50° E)	de mai à août	mai	±0,9	Branche dérivée
(*b*)...	N golfe Bothnie	∓	Islande	±	1° N golf Bothnie	de déc. à févr.	févr.	∓1,1	
					2° Iles Shetland	d'avril à sept.	juill.	∓1,0	
(*b'*)..	Iles Shetland (en juillet)	∓	N Italie	±	–	–	–	–	Branche dérivée d'oct. à déc.
(*c*)...	Islande	±	Terre-Neuve	∓	entre le S Groënland et le N Labrador	de mars à août	mai	±1,0	
(*c'*)...	N Labrador (60° N-60° W) (en mai)	±	N Açores (45° N-25° W)	∓	Océan Atlantique (50° N-35° W)	de sept. à oct.	sept.	±1,1	Branche dérivée
(*d*)...	Terre-Neuve	∓	Vallée Missouri (40° N-100° W)	±	E Montagnes Rocheuses	de sept. à nov.	–	–	Branche dérivée
(*e*)...	E Cuba	∓	Océan Atlantique (25° N-45° W)	±	Océan Atlantique (25° N-60° W)	de mars à sept.	mars	∓0,5	
(*f*)...	N Açores	∓	N Italie	±	1° N Açores	de déc. à févr.	janv.	∓0,8	
					2° Péninsule Ibérique	de mai à juill.	mai	∓0,4	
(*g*)...	N Italie	±	Méditerranée orientale	∓	S. Italie	de janv. à mars	mars	±0,3	

Nota. — Les signes + et — supérieurs des anomalies s'appliquent aux années de rang n, $n+2$, ... et les signes + et — inférieurs aux années de rang $n+1$, $n+3$, ...

La direction des trajectoires possède une composante Sud : à l'Est du 45ᵉ méridien Est, entre le 5ᵉ méridien Est et le 15ᵉ méridien Ouest, ainsi qu'entre les 65ᵉ et 95ᵉ méridiens Ouest; elle possède une composante Nord : entre les 45ᵉ et 5ᵉ méridiens Est, entre les 25ᵉ et 65ᵉ méridiens Ouest, ainsi qu'à l'Ouest du 95ᵉ méridien Ouest.

Pendant les mois où la valeur absolue des anomalies est la plus forte, les centres stationnent en certaines régions indiquées dans le tableau. Les lignes nodales de l'oscillation de vingt-quatre mois passent sensiblement à égale distance de ces régions de plus grande amplitude. Dans la partie étudiée de l'hémisphère boréal, nous en avons distingué trois (en forme de S comme les lignes

ventrales définies antérieurement) : l'une d'elles va de la Mer Blanche à l'Asie Mineure; une autre, de l'Islande aux Iles Canaries; une troisième, de la Mer d'Hudson en un point de l'Océan Atlantique situé par 30°N et 45°W.

BOTANIQUE. — *Schizoblaste et axe hypocotylé.*
Note de M. **Henri Gaussen**, présentée par M. Raoul Combes.

Les feuilles fasciculées de Pin disposées en général par deux, trois ou cinq terminent un rameau nain appelé *brachyblaste*. Ce rameau est normalement caduc et son système vasculaire passe en entier dans les feuilles qui le prolongent et qui ont l'allure d'un rameau coupé en long. Ce type de feuille qui emporte tout l'appareil vasculaire est appelé *pseudophylle*, par opposition au type de feuille qui est simplement alimenté par le cylindre central du rameau, laissant ce cylindre central poursuivre sa course; ce type habituel est appelé *euphylle*. Nous appellerons *schizoblaste* un rameau qui se divise en pseudophylles. Il n'est pas nécessairement un rameau nain. On peut imaginer des brachy-, méso- ou auxischizoblastes. Dans le brachyschizoblaste d'un Pin, il n'y a normalement pas de bourgeon entre les pseudophylles, mais si un apport ou une formation de substances actives s'y produit, on voit le sommet de l'axe proliférer et donner un rameau du type auxiblaste avec des euphylles en aiguilles au début. Le rameau brachyblaste perd alors sa caducité puisqu'il est devenu auxiblaste.

Ces substances entrent en action chez les brachyblastes voisins du bourgeon terminal si celui-ci est supprimé. Ce phénomène est d'autant plus important que le brachyblaste est plus voisin du sommet.

Dans la phylogénie des Abiétinées, on considère que la possession de brachyblastes et de pseudophylles dans l'appareil végétatif est un caractère primitif n'existant que dans le genre *Pinus*. Ce caractère primitif se maintient dans l'appareil sexuel des autres genres, l'appareil sexuel conservant les caractères ancestraux.

L'embryon aussi possède normalement les caractères ancestraux, il peut donc présenter des dispositions analogues.

Étudions axe hypocotylé et cotylédons d'abord chez les Pins.

Les cotylédons en nombre variable ont, comme les feuilles fasciculées, une section transversale en secteur de cercle. S'ils sont six, chacun donne un sixième de cercle. D'autre part, tout le système vasculaire de l'hypocotyle passe dans les cotylédons. Voilà une autre analogie frappante avec les pseudophylles. L'hypocotyle apparaît alors comme un schizoblaste.

De même que le brachyblaste activé développe un auxiblaste aux dépens des faisceaux de base des pseudophylles, de même l'hypocotyle, peut être activé par le voisinage de la graine, développe un auxiblaste. Les faisceaux de cet auxiblaste, appelé tige, sont formés *de novo* au niveau de la séparation des

cotylédons ou bien sont formés par des apports venus de la base des faisceaux cotylédonaires. La tige commence par porter des euphylles en aiguilles comme l'auxiblaste formé à partir du brachyblaste.

L'évolution du nombre de pseudophylles par schizoblaste se fait vers la diminution. L'embryon, plus primitif que le jeune ou l'adulte, doit avoir dans son schizoblaste (hypocotyle) plus de pseudophylles, c'est-à-dire plus de cotylédons. C'est ainsi qu'un Pin à 2 pseudophylles dans l'appareil végétatif a plus de 2 cotylédons, un Pin à 5 pseudophylles a plus de 5 cotylédons. Les études de Boureau permettraient peut-être d'étudier cette question de plus près, les cotylédons n'ayant pas tous la même nature vasculaire.

Quittons le genre *Pinus*; dans les groupes qui n'ont plus de brachyblastes dans l'appareil végétatif, le nombre des cotylédons peut descendre à 2 ou à 1 comme dans les Cupressinées ou les Angiospermes. On trouve dans le nombre de cotylédons la série : 18 à 1 comme dans les brachyblastes de *Pinus* on trouve pour le nombre de pseudophylles tous les nombres de la série : 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1. La première série est toujours en retard sur la seconde dans sa décroissance.

Dans tout ce qui est dit ci-dessus des cotylédons et de l'hypocotyle, il s'agit de structures déterminées dans l'embryon, donc primitives. Lors du développement de ces organes on passe à la phase de jeunesse donc à des structures qui évoluent rapidement surtout dans le genre *Pinus*.

Pour ces questions, comme pour beaucoup d'autres, le genre *Pinus* paraît montrer un type d'organisation d'intérêt fondamental pour comprendre la structure des Conifères et, peut-être, des groupes plus évolués.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur quelques caractères des phosphatases de feuilles.* Note de MM. **Jean Courtois** et **Madjid Khorsand** présentée par M. Maurice Javillier.

Les phosphatases de feuilles, largement répandues et assez actives (1), sont cependant encore assez mal connues. Des essais préliminaires nous ont montré que, dans certaines feuilles fraîches (Belladone, Lierre), la presque totalité de l'activité phosphatasique est directement extractible par l'eau. Au contraire, pour d'autres espèces (Marronnier, Laurier-cerise, Lilas), une faible fraction de la phosphatase est soluble, la plus grande partie demeurant sous forme de desmo-enzyme.

L'autolyse à 37°, en présence de toluène et d'acétate d'éthyle, s'accompagne d'une très lente solubilisation du desmo-enzyme; au cours de ce processus de

(1) V. Ignatieff, *Biochem. J.*, 30, 1936, p. 1171 et 31, 1937, p. 1611; P. Pratesi, *Ann. chim. appl.*, 15, 1937, p. 309, 321 et 382.

longue durée, (plusieurs semaines), la fraction dissoute est progressivement inactivée. La fraction phosphatasique insoluble dans l'eau n'a pu être extraite soit par une solution de chlorure de sodium à 10 %, soit par un mélange à volume égaux d'eau et de glycérol, soit par une solution à 5 % de chlorure d'ammonium dans l'ammoniaque à 1 %.

Les phosphatases des broyats de feuilles fraîches de diverses espèces sont influencées d'une façon identique par la réaction du milieu : elles sont actives de pH 3,5 à 7,0; les courbes présentent deux optima : le plus important, net et saillant, de pH 4,7 à 5,2; le second, plus ou moins accentué selon les cas, vers pH 4,0 — 4,3.

Il apparaît que les feuilles renferment deux systèmes phosphatasiques distincts, comme a permis de le confirmer l'action de certains effecteurs.

Les fractions extractibles par l'eau des feuilles de Lierre et Belladone et celles non solubles des feuilles de Marronnier et Belladone réagissent d'une façon semblable à l'action des effecteurs :

1° la phosphatase de pH optimum 4,0-4,3 est toujours très nettement activée par les ions bivalents : Mg^{++}, Zn^{++}, Ni^{++}, Co^{++}, Mn^{++}; elle est inhibée par les oxalates ;

2° la phosphatase de pH optimum 4,7-5,2 n'est qu'assez faiblement activée par les ions Mg^{++}, Ni^{++} et Co^{++}; elle est inhibée par Zn^{++} et Mn^{++}, mais légèrement activée par les oxalates. Les deux phosphatases ne sont pas influencées par le cyanure de sodium et sont très sensibles à l'action inhibitrice des fluorures et molybdates, inhibiteurs généraux des phosphatases acides.

La phosphatase de pH optimum vers 5,0 se rapproche ainsi des autres phosphatases animales ou végétales du type II de la classification ; elle n'en diffère que par son activabilité par l'ion magnésium ; ce dernier est en général soit sans action, soit inhibiteur des phosphatases II.

La phosphatase de pH optimum 4,0 des feuilles diffère nettement des phosphatases III de même pH optimum. L'inhibition magnésienne est le caractère le plus constant des phosphatases III déjà décrites, tandis que la phosphatase de feuilles est nettement activable.

La notable activation de cet enzyme des feuilles par divers ions bivalents permet de le rapprocher des phosphatases I d'origine animale, actives en milieu alcalin. La phosphatase des feuilles demeure cependant nettement inhibée par les fluorures et molybdates qui n'ont que peu d'action sur les phosphatases I.

A notre connaissance, la phosphatase des feuilles, active à pH 4,0, représente la première phosphatase acide décrite qui soit aussi indiscutablement activée et avec autant d'intensité par des ions métalliques bivalents.

GÉOCHIMIE. — *Sur le* pH *de suspensions colloïdales de minéraux micacés.* Note (*) de MM. **André Van Ryssen**, **Willy Dekeyser** et **Théophile de Wiest**, présentée par M. Albert Demolon.

En vue d'élucider certains problèmes en rapport avec la formation et avec la dégradation des sols, nous avons étudié le comportement des minéraux micacés en présence d'eau ([1]). Étendant ces recherches, nous avons effectué un certain nombre de déterminations d'ordre physico-chimique sur les colloïdes ainsi obtenus. Dans cette Note nous communiquons l'essentiel de nos résultats relatifs aux mesures de pH et aux titrations potentiométriques.

1. La détermination du pH, à l'aide d'indicateurs, donne des résultats entachés d'une erreur de 2 à 3 unités. A ce point de vue les minéraux micacés, et les phyllites en général, se comportent de la même façon que les protéines. Cette constatation nous amène à faire des réserves sur l'application de la méthode préconisée par R. E. Stevens et M. K. Carron aux minéraux phylliteux ([2]). Par contre, les mesures de pH effectuées avec des électrodes de verre, d'hydroquinone et d'hydrogène donnent des résultats concordants.

Les valeurs données dans le tableau suivant ont été obtenues à partir des états d'équilibre mentionnés plus haut, mais après élimination de la fraction, supérieure à 50^{μ}. Ces valeurs se rapportent à 200^{mg} de substance dans 20^{ml}, d'eau distillée exempte de CO_2.

	pH.		pH.
Biotite	8,25	Muscovite	8,15
Pyrophyllite	8,00	Zinnwaldite	8,04
Talc	8,20	Phlogopite	8,56
Margarite	8,00		

Une dialyse prolongée ne parvient pas à ramener le pH à 7, ce qui indique que le pH est dû au minéral et non à des ions dissous. Par adsorption de CO_2 au contact de l'air, le pH de ces solutions colloïdales varie assez rapidement et atteint une valeur constante qui se maintient après élimination du CO_2 dissous. Ce n'est que par une ébullition prolongée que l'on parvient à libérer le CO_2 adsorbé par le minéral; à ce moment le pH reprend sa valeur iniale. Nous avons noté ainsi pour la muscovite et la biotite respectivement des variations de 8,15 à 7,65 et de 8,25 à 5,04. Cet effet de surface nous a amenés à examiner des fractions de nos solutions dont les particules étaient comprises dans des limites plus étroites. Nous avons constaté qu'il existe une relation entre le pH, la concentration et la dimension des particules. Pour la muscovite nous avons trouvé :

(*) Séance du 28 novembre 1949.

([1]) W. Dekeyser et A. Van Ryssen, *Natuurwet. Tydschr.*, 31, Gand, 1949, p. 147.

([2]) *Am. Min.*, 33, 1948, p. 31.

Fraction < $1^{\mu}, 9^{mg}/50^{ml}$, pH 7,70;
Fraction 1^{μ} à $2^{\mu}, 9^{mg}/50^{ml}$, pH 6,90;
Fraction 1^{μ} à $2^{\mu}, 18^{mg}/50^{ml}$, pH 5,04;
Fraction 1^{μ} à $2^{\mu}, 18^{mg}/50^{ml}$ après dialyse très prolongée pH 6,7.

D'autres minéraux phylliteux tels que la kaolinite et l'halloysite se comportent exactement de la même façon.

2. Les titrations potentiométriques, effectuées avec une solution d'HCl 0,01 N, ont donné en général des courbes indiquant pour tous les minéraux de ce groupe l'existence de deux points isoélectriques, l'un situé entre les pH 7 à 8, l'autre, plus prononcé, entre les pH 3 et 4. De faibles teneurs en CO_2 effacent pour ainsi dire le premier point d'inflexion des courbes.

Tous les minéraux étudiés donnent des courbes assez semblables; cependant les minéraux magnésiens se comportent un peu différemment des minéraux alumineux.

Dans ces expériences, nous trouvons également une influence très prononcée de la grandeur des particules. Signalons que récemment une relation de ce genre a été mentionnée pour d'autres groupes de minéraux ([3]). Les points d'inflexion deviennent plus distincts, et le volume d'HCl à ajouter devient plus considérable à mesure que les particules deviennent plus petites. Nous avons obtenu des courbes indiquant très nettement les deux points d'inflexion en partant de particules de l'ordre de 500 Å, obtenues par ultrafiltration. Les diagrammes de rayons X de ce dernier groupe de particules présentent des halos dont les d_{hkl} moyens correspondent aux distances interréticulaires caractéristiques du minéral.

PHYSIOLOGIE. — *Contribution à l'étude du mode d'action du disulfure de tétraéthylthiuram et de l'apomorphine dans le traitement de l'alcoolisme chronique.* Note de MM. **Raoul Lecoq**, **Paul Chauchard** et Mme **Henriette Mazoué**, présentée par M. Robert Courrier.

La thérapeutique antialcoolique a mis en œuvre, ces dernières années, des méthodes très différentes. L'une d'elles, établie par l'un de nous, est basée sur la désintoxication progressive des individus au moyen d'injections intraveineuses décroissantes d'alcool glucosé hépatisé; deux autres comportent des injections ou ingestions de produits chimiques, apomorphine ou disulfure de tétraéthylthiuram, dont l'introduction dans l'organisme est suivie de phénomènes d'intolérance et dont le mécanisme d'action reste discuté. On admet que l'apomorphine agit par production de réflexe conditionné, entraînant le dégoût du sujet pour la boisson, alors que le disulfure de tétraéthylthiuram (T. T. D.) possède une action défensive propre par l'imprégnation acétaldéhydique de

([3]) Schuylenborg, *Thèse*, Wageningen, 1949.

l'organisme qu'il provoque. Déjà, l'un de nous a montré que les accidents qui suivent l'absorption de T. T. D. et d'alcool doivent être rapportés à l'ensemble des produits intermédiaires du métabolisme de l'alcool éthylique [1]. Nous avons pensé qu'ici aussi l'emploi du test chronaximétrique pourrait apporter un utile complément d'information.

Nous avons comparé chez des Rats adultes ou préadultes l'effet, sur les chronaxies des nerfs extenseurs et fléchisseurs des orteils, d'injections par voie sous-cutanée soit d'alcool, de T. T. D. ou d'apomorphine seuls, soit de la même quantité d'alcool administrée en même temps que le T. T. D. ou l'apomorphine, soit enfin de l'administration successive, l'alcool n'étant injecté qu'après retour à la normale des chronaxies modifiées par l'injection préalable d'apomorphine ou de T. T. D. Le T. T. D. étant, comme on sait, à peu près insoluble dans l'eau, nous avons dû recourir à l'injection de suspensions aqueuses à 1 %. Comme d'ordinaire, nous avons utilisé de l'alcool à 25°.

Voici d'abord quelques résultats (capacités chronaxiques en microfarads) obtenus avec le T. T. D. :

	Injection sous-cutanée de :							
					$0^{cg},5$ T. T. D. et 1^{cm^3} alcool à 25°			
	1^{cm^3} alcool à 25°		$0^{cg},5$ T. T. D. susp. aqueuse		Simultanément		Successivement (écart de 90 min)	
	Ext.	Flex.	Ext.	Flex.	Ext.	Flex.	Ext.	Flex.
Avant........	20	45	20	40	25	40	25	45
3 min après..	17	18	18	19	60	80	120	190
10 » ..	85	95	70	90	180	250	250	350
15 » ..	90	100	120	180	90	100	200	230
25 » ..	35	50	90	125	60	75	150	180
35 » ..	25	40	65	80	30	50	90	100

Comme on le voit, le T. T. D. comme l'alcool possède un effet diphasique sur les chronaxies qui diminuent d'abord pour augmenter ensuite. Quand on donne les deux corps, soit simultanément ou soit encore successivement, on voit disparaître la phase de diminution et la phase d'augmentation est amplifiée et prolongée. Le T. T. D. a donc pour effet d'exagérer l'action de l'alcool. Son action est ainsi opposée à celle d'autres corps, comme les vitamines B_3 et B_4, qui minimisent ou annulent les réactions chronaxiques à l'alcool. Le même phénomène se produit d'ailleurs avec ces vitamines, même en présence d'imprégnation préalable par le T. T. D., ce qui montre le rôle d'une forte accumulation des produits intermédiaires du catabolisme éthylique chez le sujet recevant T. T. D. et alcool.

Le second tableau montre les faits de même ordre obtenus avec l'apomorphine :

(1) R. Lecoq, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 852.

	Injection sous-cutanée de :					
			$0^{cg},5$ apomorphine et 1^{cm^3} alcool à 25^{c}			
	$0^{cg},5$ d'apomorphine		Simultanément		Successivement (écart de 40 min)	
	Ext.	Flex.	Ext.	Flex.	Ext.	Flex.
Avant............	20	45	20	40	20	45
5 min après......	17	25	35	70	120	180
10 »	19	27	170	220	200	250
15 »	55	90	250	280	170	190
20 »	100	120	100	120	90	100
32 »	75	90	80	105	80	95

Ici aussi l'action diphasique de même ordre de chacun des deux corps est remplacée dans l'administration simultanée ou successive par une phase unique d'allongement plus ample et plus durable. L'apomorphine comme le T. T. D. majore l'action de l'alcool. Ce n'est donc pas seulement par son effet nerveux propre transféré à l'alcool par réflexe conditionné qu'il faut expliquer les effets heureux de l'apomorphine dans la lutte contre l'alcoolisme, mais aussi au fait que comme le T.T.D. elle provoque une surintoxication éthylique. Il est logique de penser qu'inversement la répétition des réactions dues au T.T.D. et à l'alcool peut aboutir à la production d'un réflexe conditionné.

Conclusions. — Tandis que les injections intraveineuses dégressives d'alcool glucosé hépatisé permettent à l'organisme de l'alcoolique chronique de se débarrasser des produits du métabolisme intermédiaire accumulés, l'apomorphine et le disulfure de tétraéthylthiuram (T. T. D.) interviennent en exagérant temporairement l'intoxication alcoolique.

Les accidents transitoires qui résultent de cette surintoxication permettent, en raison de leur intensité, l'installation de réflexes conditionnés qui entraînent le *dégoût* plus ou moins prolongé des boissons alcoolisées. De telles réactions font que l'apomorphine et le disulfure de tétraéthylthiuram ne sont pas des médications sans danger et que leur usage nécessite la présence d'un contrôle médical étroit.

EMBRYOGÉNIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la régression* in vitro *des canaux de Müller de l'embryon mâle de Poulet.* Note de M. **Étienne Wolff**, Mlle **Yvonne Ostertag** et Mlle **Denise Pfleger**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les expériences d'explantation des canaux de Müller de l'embryon de Poulet sur la membrane chorio-allantoïdienne nous ont montré (E. Wolff et Y. Ostertag) (1) :

(1) *C. R. Soc. Biol.*, **143**, 1949 p. 866.

1° qu'avant le 9ᵉ jour de l'incubation, les canaux de Müller mâles et femelles sont équipotentiels ; les canaux mâles ne régressent pas, s'ils échappent au contrôle de l'hormone testiculaire de l'embryon ;

2° qu'après le 9ᵉ jour de l'incubation, les canaux de Müller des embryons mâles régressent infailliblement ; dans les mêmes conditions, les canaux de Müller femelles se maintiennent. La régression ou la subsistance des canaux de Müller est donc déterminée à ce stade.

Tout récemment A. Jost et Y. Bergerard [2], dans des expériences de culture *in vitro* d'ébauches du tractus génital d'embryons de Mammifères, sont arrivés à des conclusions analogues en ce qui concerne le premier point.

Nous nous sommes demandé si, dans l'explantation *in vitro*, les canaux de Müller du Poulet se comportent comme dans l'explantation *in vivo*. Nous avons essayé de maintenir ces organes en survie dans des milieux nutritifs stériles, comme ceux qu'on emploie dans les cultures de tissus. Nos premiers essais de culture avaient été négatifs : l'étude histologique nous a montré qu'après 24 heures les cellules sont plus ou moins pycnotiques. *Malgré cela, la régression des canaux de Müller d'embryons mâles de* 9 *jours et demi s'est produite.* Tout en poursuivant des recherches sur la culture proprement dite, nous nous sommes tournés vers une autre direction.

Nous avons employé un milieu à base de jus d'embryon, de liquide amniotique et de solution de Tyrode, qui s'est révélé inapte à une survie prolongée, puis, plus simplement, le liquide de Tyrode. Dans ces deux milieux où les canaux de Müller étaient transportrs à différents stades, nous avons observé les résultats suivants, après 4 à 5 jours d'immersion.

1. *Canaux de Müller d'embryons mâles et femelles de* 8 *jours.* — Pas de modification sensible de la longueur, de la forme, ni de l'aspect des canaux après 4 à 5 jours d'immersion dans l'un des deux milieux. Augmentation d'épaisseur due à un phénomène d'imbibition.

2° *Canaux de Müller d'embryons femelles de* 9 *jours à* 9 *jours et demi.* — Même résultat que précédemment.

3° *Canaux de Müller d'embryons mâles de* 9 *jours à* 9 *jours et demi.* — Régression allant parfois jusqu'à la disparition complète des organes. Réduction de 1/3 à 9/10 de la longueur. Abolition de la forme et de la lumière. Résidus d'épaisseur irrégulière, d'aspect corrodé ou déchiqueté. Ce résultat a été vérifié dans 77 cas sur 81 canaux mâles prélevés à ce stade.

Ces observations montrent que la régression des canaux de Müller se produit *in vitro* aussi bien qu'*in vivo*. Elle est donc indépendante, à partir d'un certain stade, de tout apport extérieur, en particulier de substances apportées par la circulation, qu'on pouvait incriminer dans les expériences d'explantation *in vivo*.

D'autre part, on peut se demander ce que signifie la *régression d'un tissu en*

(2) *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1949 p. 608.

voie de nécrose. Nous ne pouvons affirmer que le principe responsable de la régression était présent dans l'organe au moment du prélèvement, et qu'il n'a pas été élaboré, en partie ou en totalité, pendant la période où les cellules du canal étaient encore vivantes ([3]). Toutefois le fait qu'un fragment de substance s'atrophie en milieu stérile pendant qu'il se nécrose et peut-être après la mort de ses cellules, nous oriente vers une solution du problème de la rudimentation : il est vraisemblable que la disparition d'une partie de la substance est due à une *hydrolyse*. Dès lors, ce qui différencierait l'évolution du canal de Müller mâle et du canal de Müller femelle serait l'existence d'une diastase spéciale chez l'un, ou l'inhibition de cette action diastasique chez l'autre.

Comme nous avons démontré par ailleurs que cette différence est sous la dépendance des hormones des gonades de l'embryon, nous serions en présence d'un chaînon intermédiaire entre l'hormone et un de ses effecteurs. On sait par les expériences de castration embryonnaire (E. Wolff, 1949) ([4]) et d'explantation *in vivo* (E. Wolff et Y. Ostertag, 1949) ([4]) que c'est l'hormone des testicules embryonnaires qui détermine la régression des canaux de Müller chez le mâle. On peut admettre (à titre d'hypothèse de travail) que le canal de Müller réagit à l'action de l'hormone par la sécrétion d'un enzyme protéolytique.

HÉMATOLOGIE. — *Stabilisation du sang total par les sels de calcium*. Note de M. **Wladislas Kopaczewski**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

La nécessité de retarder la gélification du sang extravasé a une importance de plus en plus grande dans la pratique de la transfusion du sang. De nombreux stabilisants ont été proposés; seul le citrate de Na est couramment employé; néanmoins, le sang citraté provoque assez fréquemment des réactions de type infectieux (frisson, hyperthermie, etc.). Nous avons proposé, en 1943, l'emploi de thiosulfate (hyposulfite) de sodium en concentration initiale de 21 % et en concentration finale de 1,2-1,9 % ; en 1944, nous avons démontré le pouvoir stabilisant du chlorure de Mg en concentration finale de 3,1 %. Nous avons souligné ([1]) que le premier possède des propriétés phylactiques marquées et que, en outre, les transfusions du sang hétérogène hyposulfité sont bien supportées (sang humain à un chien, celui du chien à un lapin, etc.) Récemment Ringenbach ([2]), sans se référer à nos travaux, a retrouvé les doses stabilisantes de thiosulfate de Na pour le sang humain et il

---

([3]) Des expériences récentes ont montré que la régression commence dès les premières 24 heures, contrairement à ce qu'on voit dans les canaux de Müller en place, où la régression en longueur n'a lieu que le 12e jour.

([4]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 248 et *C. R. Soc. Biol.*, Strasbourg, 1949.

([1]) *C. R. Soc. Sc. nat. Maroc*, 24, 1943, p. 4; *Bull. Inst. Hygiène Maroc*, 4, 1944, p. 29 et *Thérapie*, 1, 1946, p, 97.

([2]) *L'Avenir méd.*, 45, 1949, p. 64.

a utilisé ce sang pour pratiquer environ 200 transfusions, sans avoir noté un seul accident même léger.

Tout en considérant que le thiosulfate de sodium est un stabilisant très intéressant grâce à ses qualités phylactiques, nous avons élargi nos premières recherches afin d'essayer d'éclaicir le mécanisme de cette stabilisation.

Tout récemment ([3]) nous avons démontré que diverses *coagulases* peuvent stabiliser le sang humain (papaïne, présure, pepsine). Nous allons condenser dans ce travail les résultats concernant l'action des sels calciques hydrosolubles et, en premier lieu, du thiosulfate de calcium.

1. *Thiosulfate de calcium.* — Ce sel (CaS_2O_3, 6 aq.) est facile à préparer; il est instable au contact de l'air, même à la température du laboratoire; on peut le conserver en solution aqueuse, à froid. Une solution de ce sel, en concentration initiale de 26 % (M/1), ajoutée à raison de $0^{cm^3},5$ à $0^{cm^3},4$ pour $1^{cm^3},5$ de sang humain veineux, prélevé à jeun (alimentaire et médicamenteux) et coulé directement dans des tubes en verre, dits à hémolyse, non paraffinés, permet la conservation sous forme liquide de ce sang au delà de sept jours, à la température de 18° C; ces doses correspondent à la concentration finale de 1,63 à 5,60 % de thiosulfate de calcium, soit 0,26 à 0,9 % de calcium ionisé. Notons que le sang ainsi stabilisé montre une sédimentation rapide des globules rouges (moitié du volume initial en neuf heures), que l'hémolyse est très faible et la mise en suspension aisée. Au delà des concentrations indiquées le sang devient rutilant, la sédimentation de plus en plus lente et la viscosité plus accentuée.

En présence de ce résultat, nous avons expérimenté le dithiosulfate de Ca.

2. *Dithiosulfate de calcium.* — Ce sel (CaS_2O_6, 4 aq.) est stable et tout aussi soluble dans l'eau. Lorsqu'on ajoute $0^{cm^3},075$ à $0^{cm^3},4$ pour $1^{cm^3},5$ du sang d'une solution aqueuse à 27 %, ce qui correspond à des concentrations finales allant de 1,3 à 5,7 % de dithiosulfate de Ca ou de 0,182 à 0,8 % de Ca, on peut conserver le sang sous forme liquide au delà de sept jours, à la température de 18° C. L'hémolyse est nulle, la sédimentation plus rapide que dans le cas de thiosulfate de Ca; la mise en suspension très facile. Les concentrations plus fortes donnent un sang liquide mais très visqueux et sans trace de sédimentation globulaire.

Nous nous sommes alors demandé si le chlorure de calcium n'exerce pas, lui aussi, des propriétés stabilisantes, contrairement à l'opinion admise, selon laquelle il serait indispensable à la gélification sanguine.

3. *Chlorure de calcium.* — Nous avons également utilisé une solution monomoléculaire, titrant 21,9 % de ce sel. Les doses allant de $0^{cm^3},05$ à $0^{cm^3},4$ pour $1^{cm^3}5$ de sang, correspondant à la concentration finale de 0,69 à 4,63 % de chlorure de Ca ou 0,13 à 0,85 %, de Ca, permettent effectivement de conserver le sang liquide au delà de sept jours, à la température de 16° C, mais l'hémolyse

---

([3]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 630.

est plus accentuée et la sédimentation moins rapide. Au delà de ces concentrations le sang devient visqueux et rutilant et les globules sanguins ne sédimentent plus.

4. *Lactacte de calcium*. — Ce sel [$Ca(C_3H_5O_3)_2$, 6aq] ne contient que 72 % environ de produit pur anhydre; il est moins soluble que les précédents; on peut en préparer une solution de concentration M/5, à 20° C. Cette solution, ajoutée à raison de 1^{cm^3},0 à 1^{cm^3},5 pour 1^{cm^3},5 de sang, empêche la gélification; l'hémolyse est apparente et la sédimentation lente.

Notons que les deux sels étudiés (chlorure et lactate de calcium) ont été préconisés par Netter et Bligh pour combattre les états de choc (maladie sérique).

Conclusions. — 1° Les sels hydrosolubles de calcium, en concentration finale d'environ 0^g,5 % de Ca, empêchent la gélification du sang humain et permettent de le conserver à l'état liquide durant plusieurs jours sans hémolyse, avec une mise en suspension facile.

2° Sur le *plan pratique*, il est nécessaire, avant de proposer ces sels comme agents stabilisants sanguins, de rechercher les modifications des éléments cellulaires et leur résistance à l'agitation, ainsi que les caractères physico-chimiques du plasma (pH, ionisation, etc.).

3° Sur le *plan théorique*, les résultats obtenus démontrent que les sels de calcium ionisés hydrosolubles possèdent un pouvoir stabilisant envers le sang total à des doses nettement délimitées, de sorte que les conceptions théoriques concernant le rôle du calcium ionisé dans le processus de la gélification du sang doivent être révisées.

BIOMÉTRIE. — *Sur une différence pondérale à la naissance entre deux lignées de souris* Mus musculus. Note (*) de M. **Nicolas Kobozieff**, Mme **N. Pomriaskinsky-Kobozieff** et M. **Marcel-Paul Schützenberger**, présentée par M. Maurice Caullery.

La comparaison des poids des souris à la naissance a déjà fait l'objet de deux travaux antérieurs [C. C. Green (1) entre *Mus musculus* et *Mus bactrianus* et T. Vetulani (2) entre les lignées *P.* et *Lilliac* de *Mus musculus*].

En prenant la précaution d'effectuer les pesées avant que l'âge du souriceau n'atteigne quinze heures, nous avons comparé deux lignées consanguines depuis 1937 : *P* et *L*, cette dernière provenant du stock mutant (troncature de

---

(*) Séance du 28 novembre 1949.

(1) *J. exp. Zool.*, 59, 1931, p. 213-245.

(2) *Mém. Inst. Polon. Econ. rurale Pulawy*, 11, 1930, p. 456-476.

l'oreille, malformations oculaires, nanisme, hydrocéphalie, etc.), mais ne présentant plus d'anomalies..

Aucune différence de fécondité entre les deux lignées n'a pu être mise en évidence, puisque ni la différence du nombre moyen de petits par portée, ni le rapport des variances ne sont significatifs (lignée P : 5,21 petits, lignée L : 4,91 petits en moyenne; t de Student $=0{,}987$ pour 134 degrés de liberté). Cette constatation nous autorise à comparer les poids moyens dans les deux lignées sans tenir compte du nombre des petits par portée.

On trouve : lignée P : 1g,76; lignée L : 1g,30, soit un t de Student égal à 23,94, pour 686 degrés de liberté. On constate également que la distribution des poids dans la lignée P est moins dispersée que dans la lignée L, et ceci de manière significative, puisque le rapport des deux variances atteint 2,399.

La conclusion est donc certaine : les souris de la lignée P sont plus lourdes à la naissance que celles de la lignée L et les deux lignées sont génotypiquement différentes.

Pour obtenir un résultat plus précis, on est amené à comparer entre elles les souris appartenant à des portées de même nombre de petits (*cf.* tableau) et l'on vérifie que la différence des poids est constante.

		Nombre de petits dans la portée.								
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Nombre de portées.	P...	1	3	5	14	11	15	9	6	1
	L...	1	4	9	17	15	12	6	3	3
Poids moyen d'un petit.	P...	2,400	1,675	2,123	1,752	1,960	1,738	1,680	1,620	1,783
	L...	1,400	1,563	1,454	1,336	1,367	1,218	1,204	1,192	1,209

Nous avons cherché à exprimer cette régression du poids à la naissance y_n en fonction du nombre n de petits dans la portée : on obtient ainsi les deux équations :

Lignée P.............. $y_n = 2{,}1754 - 0{,}0871\,n + 0{,}024\,n^2$

Lignée L.............. $y_n = 1{,}8468 - 0{,}1590\,n + 0{,}098\,n^2$

Par contre, la régression du poids moyen Y_n de toute la portée sur le nombre de petits qu'elle comporte se laisse représenter par des équations qui sont seulement linéaires :

Lignée P................ $Y_n - 9{,}154 = 1{,}503x(n - 5{,}212)$

Lignée L................ $Y_n - 6{,}373 = 1{,}072x(n - 4{,}914)$

Ces équations permettent une comparaison plus précise de l'ensemble des résultats.

Dans une prochaine Note, nous montrerons comment s'hérite ce caractère selon le type du croisement effectué.

HISTOCHIMIE. — *Particularités histochimiques de la gaine radulaire chez l'Escargot (Helix aspersa* Müll.). Note de MM. **Manfred Gabe** et **Marcel Prenant**, présentée par M. Louis Fage.

La gaine radulaire de l'Escargot a été étudiée par un certain nombre d'auteurs, mais leurs travaux ne mettent en jeu que les techniques histologiques dites générales. Nous avons eu l'occasion, au cours de recherches cytologiques et histochimiques sur la gaine radulaire des Gastéropodes Pulmonés, de recueillir quelques données concernant *Helix aspersa*, qu'il nous paraît intéressant de rapporter ici.

La recherche des *matières minérales totales*, faite par micro-incinération au au four de Policard, montre qu'au niveau des 5e à 10e dents de la radula, l'épithélium supérieur est riche en cendres blanches; les autres régions de la gaine radulaire en contiennent nettement moins. Cette localisation de matières minérales coïncide avec le début de la minéralisation des dents; ce fait est à rapprocher des constatations faites chez les Polyplacophores [Prenant (1)] et chez le Dentale [Gabe et Prenant (2)]. Les techniques que nous pouvions mettre en œuvre ne nous ont pas permis l'identification de ces matières minérales. L'examen des spodogrammes montre, en outre, la présence d'une petite quantité de cendres ferrugineuses au pôle basal des grands odontoblastes; les réactions histochimiques du fer ionique restent négatives à ce niveau.

La détection histochimique des *ribonucléines* montre l'absence presque complète de ces composés dans les grands odontoblastes. Après coloration par le vert de méthyle-pyronine, le cytoplasme de ces éléments reste incolore ou rose très pâle, alors que les autres régions de la gaine contiennent une quantité appréciable de substances pyroninophiles, dont l'aspect est, au niveau de l'épithélium inférieur, celui d'un véritable ergastoplasme. Le traitement par une ribonucléase pancréatique préparée suivant Brachet (3) amène la disparition rapide de cette pyroninophilie.

L'étude du *glycogène*, faite par coloration au carmin de Best, avec contrôle par une amylase salivaire, permet de localiser ce composé dans l'épithélium du fond de la gaine et dans les grands odontoblastes. Dans l'épithélium du fond de la gaine l'aspect est celui de mottes très petites et apicales après fixation chromo-osmique. Dans les grands odontoblastes le glycogène, notablement plus abondant, occupe toujours le pôle apical.

La localisation histochimique des phosphatases alcalines, faite suivant Gomori (4), permet de retenir trois localisations. Dans la région initiale de l'épithélium supérieur, la réaction est fortement positive au pôle apical des

---

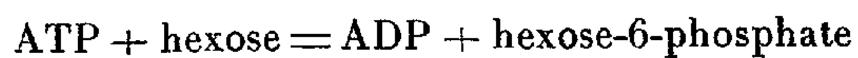
(1) *Arch. Anat. microscop.*, 24, 1928, p. 1-7.
(2) *Arch. Zool. exp. gén.* (sous presse).
(3) *C. R. Soc. Biologie*, 133, 1940, p. 88-90.
(4) *Amer. J. clin. Pathol.*, 16, 1946, p. 347-352.

cellules. En suivant l'épithélium supérieur vers l'avant, on rencontre d'abord une zone dépourvue de phosphatase histochimiquement décelable, puis une zone où la réaction est positive. Cette deuxième zone d'activité coïncide avec le début de la minéralisation des dents. Une troisième zone d'activité est représentée par le pôle apical des cellules de l'épithélium inférieur, dans une région éloignée du fond de la gaine et qui correspond à la partie entièrement minéralisée de la radula. Signalons, à ce propos, que la basale conjonctive de la gaine radulaire et les muscles environnants donnent fortement la réaction de Gomori.

En somme, les régions de l'épithélium de la gaine radulaire présentent, à côté des différences morphologiques bien connues, des différences histochimiques nettes; les particularités de l'épithélinm supérieur sont à mettre en rapport avec la minéralisation des dents.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Test spectrophotométrique de l'hexokinase.* Note (*) de M. **Jacques Wajzer**, transmise par M. Jacques Duclaux.

La réaction de l'hexokinase



$$\text{ATP} + \text{hexose} = \text{ADP} + \text{hexose-6-phosphate}$$

donne lieu à la formation d'une valence acide. En effet, le glucose-6-phosphate est un acide bien dissocié, tandis que les constantes de dissociation des deux pyrophosphates adényliques sont identiques. La formation d'acide est à la base de deux tests de l'hexokinase : l'un manométrique, de Colowick et Kalckar ([1]), l'autre titrimétrique, de Kunitz ([2]). Le premier permet de suivre l'évolution de la réaction dans le temps; le second a l'avantage d'une exécution simple. Or il est possible de réunir ces deux caractéristiques, en suivant l'évolution d'un indicateur coloré au spectrophotomètre de Beckman.

L'indicateur de Kunitz est le rouge de phénol, qui présente un maximum d'absorption étroit à $558^{m\mu}$. Nous employons une solution contenant 10^{mg} de phénolsulfophtaléine, $0^{cm^3},28$ de soude 0,1 N, 3^{cm^3} d'alcool et 40^{cm^3} de tampon phosphorique M/15 de pH 7,55, pour 100^{cm^3}. La courbe de référence est composée d'une série d'étalons contenant $0^{cm^3},4$ d'indicateur et de 0,1 à $0^{cm^3},5$ ClH/0,01 N, pour 3^{cm^3}. On mesure l'extinction à $558^{m\mu}$ dans une cuve de 1^{cm}. Parallèlement, on détermine le pH des étalons.

La solution d'hexokinase, préparée à partir de la levure de brasserie par une modification de la méthode de Colowick et Kalckar ([1]), est clarifiée par centrifugation à 16 000 t/min.

(*) Séance du 21 novembre 1949.

([1]) *J. biol. Chem.*, **148**, 1943, p. 117.

([2]) *J. gen. Physiol.*, 29, 1946, p. 393

On fait le test avec une cuve de contrôle, contenant $0^{cm^3},4$ d'indicateur et $2^{cm^3},6$ de tampon de pH 7,55, et une cuve d'expérience. Celle-ci contient :

$0,1$-$0^{cm^3},5$ de solution d'ATP, M/62;

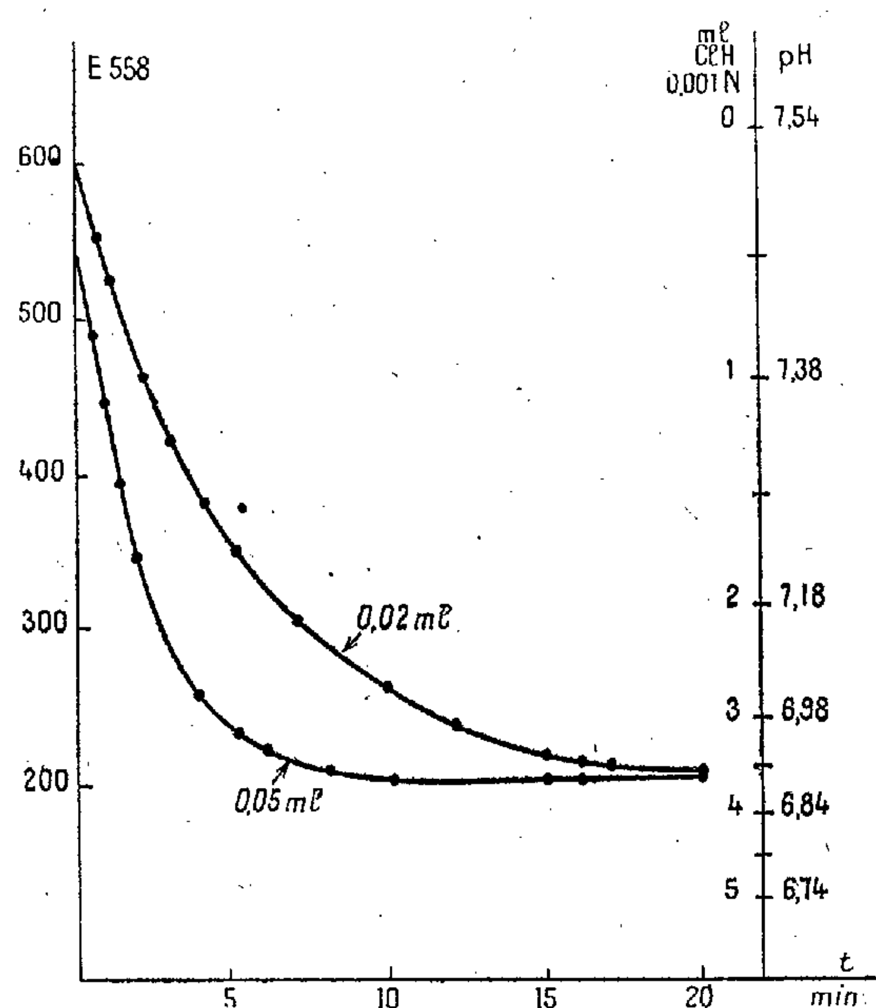
$0^{cm^3},2$ d'acétate de Mg 0,1 M;

$0^{cm^3},2$ de solution de glucose 0,12 M;

$0^{cm^3},4$ de solution de rouge de phénol.

On titre par la soude 0,01 N jusqu'à obtention d'une teinte voisine de celle de la cuve de contrôle et l'on complète à 3^{cm^3}.

La longueur d'onde réglée à $558^{m\mu}$, on vérifie que la cuve de contrôle montre une extinction de 0,620 par rapport à un témoin d'eau. On note l'extinction de la cuve d'expérience, qui indique le pH au départ. Ensuite, on introduit la solution d'enzyme et l'on mesure l'absorption à intervalles donnés. Une ou deux cuves de contrôle permettent, si besoin en est, de tenir compte du louchissement spontané des solutions ou de la teneur de l'hexokinase en substrat préexistant.



L'erreur de dilution due à l'introduction de l'enzyme peut être corrigée par le calcul, la loi de Lambert-Beer étant parfaitement suivie. Par contre, l'erreur due aux variations de l'indicateur modifie la pente de la courbe d'étalonnage; il convient alors d'ajuster la concentration du colorant, jusqu'à ce qu'il donne $E_{558} = 0,620$ avec le tampon de pH 7,55. L'erreur introduite par l'acidité de la solution d'enzyme est compensée par extrapolation au temps zéro.

En absence de tampon phosphorique, la sensibilité des virages s'accroît; mais le réglage initial des solutions devient alors plus difficile.

La figure représente une expérience typique, avec $0^{cm^3},02$ et $0^{cm^3},05$ d'hexo-

kinase. Le dégagement d'acide a été de $0^{cm^3},161$ d'acide 0,01 N pour $0^{mg},1$ de pyrophosphate transformé, chiffre théorique.

Nous envisageons l'application de la méthode spectrophotométrique à l'étude d'autres enzymes qui remplissent les conditions nécessaires, c'est-à-dire dont l'action se traduit par une modification du pH, qui donnent des solutions limpides et ne souffrent pas de la présence de l'indicateur.

Cette technique constitue un complément à la méthode de spectrophotométrie différentielle dans l'ultraviolet, inaugurée par H. M. Kalckar (³).

MICROBIOLOGIE. — *Observation du virus de la fièvre aphteuse au microscope électronique.* Note (*) de MM. **René Bernard**, **Henry Girard**, **Jean Hirtz**, **Czeslaw Mackowiak** et Mme **Renée Lorrin**, présentée par M. Gaston Ramon.

Le virus de la fièvre aphteuse n'a pas encore été observé avec certitude au microscope électronique. Von Ardenne et Pyl (¹) en ont publié une photographie en 1940, mais à cette date on ignorait encore diverses techniques et notamment celle de l'ombrage; aussi, l'image qu'ils ont obtenue s'avère-t-elle extrêmement imprécise. Il apparaît même aujourd'hui osé d'avoir voulu en déduire la forme et les dimensions du virus, d'autant que les auteurs n'ont fourni aucune preuve de l'activité biologique des particules observées.

Notre travail, fruit d'une collaboration déjà longue entre le Laboratoire d'Optique Électronique de l'Université de Lyon et de l'Institut français de la Fièvre aphteuse, a eu pour but de chercher à mettre en évidence le virus aphteux. Il s'est agi avant tout de le retrouver sous une forme identique dans des milieux différents dont la virulence chaque fois contrôlée, était le caractère commun. Nous avons observé parallèlement les milieux témoins, milieux analogues à ceux contenant le virus mais totalement dépourvus de cet agent infectieux. La différence observée entre deux milieux correspondants pouvait provenir soit de la présence du virus, soit des modifications qu'il engendre, mais l'existence d'un élément commun dans divers liquides virulents devait permettre de lever cette incertitude.

1. *Virus aphteux d'origine bovine type* O. — On recueille sur un bœuf les aphtes de primo-infection pour les mettre en suspension dans une solution tamponnée à pH 7,4. Le liquide ainsi obtenu est longuement centrifugé, puis filtré sur Seitz. Sa virulence est alors considérable, il titre 10^{-8}. L'examen au microscope électronique révèle la présence de particules sphériques de 20 à $30^{m\mu}$ de diamètre. Ces particules sont rarement bien individualisées, le plus souvent elles se montrent réunies en grappes ou en structures réticulées.

Ces formations paraissent spécifiques : en effet, on ne retrouve rien de

(³) *J. biol. Chem.*, **167**, 1947, p. 429.

(*) Séance du 28 novembre 1949.

(¹) *Naturwiss.*, **33**, 1940, p. 531-532.

semblable ni dans un liquide préparé identiquement avec de l'épithélium lingual normal, ni dans celui analogue obtenu à partir d'aphtes artificiels résultant de la cautérisation de la langue.

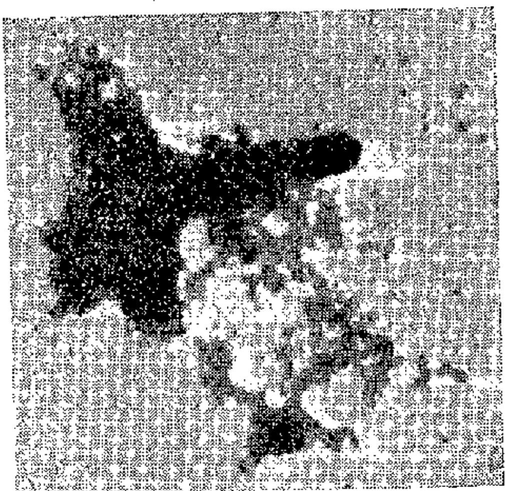


Fig. 1.

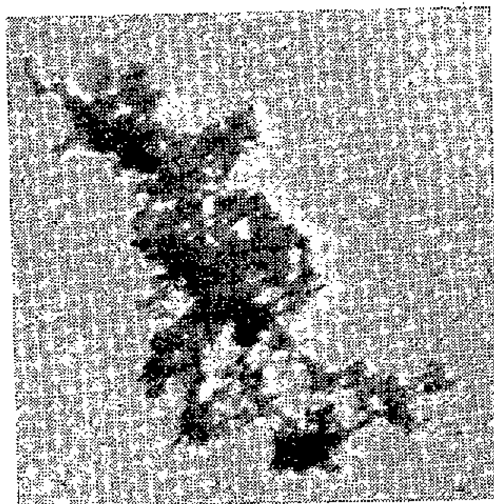


Fig. 2.

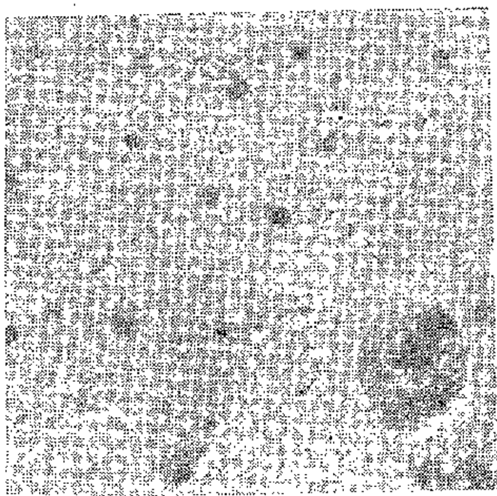


Fig. 3.

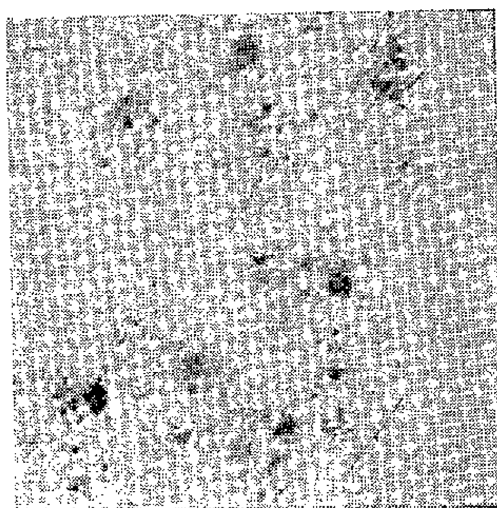


Fig. 4.

1. Virus aphteux O dans le liquide allantoïdien du 2e passage. — 2. Virus aphteux O dans le broyat d'aphtes. — 3. Liquide allantoïdien témoin. — 4. Broyat témoin d'aphtes artificiels. (× 24000.)

Nous avons cherché à concentrer le virus en recourant à la lyophilisation. Il est intéressant de noter à ce sujet que la quantité de résidu sec de la solution virulente est au moins dix fois supérieure à celle du résidu analogue fourni par l'épithélium lingual normal traité identiquement.

Ce produit desséché remis en solution donne des images électroniques où l'on retrouve les agglomérats de sphérules décrits plus haut. La solution témoin offre par contre un aspect tout différent.

2. *Virus aphteux d'ovoculture.* — Il s'agit en fait du virus aphteux d'origine bovine, type O ayant subi deux repiquages en cavité allantoïde d'œufs embryonnés. Ce liquide allantoïdien de deuxième passage se montre virulent pour le bœuf. Au microscope électronique, il révèle à côté des éléments constitutifs du liquide normal, observé parallèlement, des amas de sphérules très semblables à ceux rencontrés dans le liquide d'aphte.

L'examen électronique du liquide allantoïdien résultant d'un repiquage fait avec le liquide allantoïdien normal ne décèle rien de similaire. Cet essai a été pratiqué afin de vérifier que les modifications observées n'étaient pas liées à la simple inoculation du liquide de support.

Conclusion. — Il semble donc logique de penser que les éléments sphériques de 20 à $32^{m\mu}$ de diamètre observés uniquement dans les liquides aphteux correspondent aux particules du virus.

Nous poursuivons actuellement cette étude morphologique en fonction du mode de fixation de l'agent virulent (notamment en le dissociant par adsorption sur hématies) et de la composition du milieu de suspension dont nous avons déjà pu remarquer l'influence.

MICROBIOLOGIE. — *Action de la chloromycétine (chloramphénicol) et de l'auréomycine sur le virus lymphogranulomateux (maladie de Nicolas-Favre).* Note de MM. **Constantin Levaditi** et **Aron Vaisman**, transmise par M. Gaston Ramon.

L'étude expérimentale des effets thérapeutiques exercés par la chloromycétine (chloramphénicol) (¹) et par l'auréomycine (¹) dans l'infection provoquée chez la Souris par le virus lymphogranulomateux, a été réalisée par Smadel et Jackson (²) pour le premier de ces antibiotiques, et par Wong et Cox (³) pour le second. Smadel et son collaborateur ont effectué leurs essais sur des animaux contaminés soit par voie transcrânienne, soit par injection intrapéritonéale. Le traitement s'est révélé efficace uniquement chez les souris infectées par cette dernière voie. De leur côté, Wong et Cox ont inoculé des souris par voie névraxique et les ont traitées à l'auréomycine à raison de 1^{mg} quotidiennement pendant 7 jours (protection de 39 sujets sur 40).

Nous avons repris l'étude de ce problème et relatons dans la présente Note les résultats obtenus.

I. Chloromycétine. — *Action virulicide* in vitro. — Un lot de souris est inoculé, par voie transcrânienne, avec une émulsion névraxique virulente additionnée d'un volume égal d'une solution de chloromycétine contenant 25 mg/cm³ de chloromycétine, le mélange étant maintenu préalablement pendant 4 heures à la température ambiante. Un autre lot, servant de témoin, reçoit la même émulsion virulente, mais sans adjonction d'antibiotique.

Résultats. — Les animaux survivants ont été sacrifiés le 12ᵉ jour. Présence de lésions encéphaliques caractéristiques chez tous les sujets.

Conclusions. — *La chloromycétine ne jouit d'aucun pouvoir virulicide* in vitro *à l'égard du virus de la maladie de Nicolas-Favre.*

(¹) Consulter au sujet de ces deux nouveaux antibiotiques d'origine fongique : C. Levaditi, J. Veillet et J. Henry-Eveno, *La semaine des Hôpitaux de Paris*, 47, 1949, p. 1999 et 2003.

(²) *Science*, 106, 1947, p. 418.

(³) *Ann. N. Y. Acad. Sc.*, 51, 1948, p. 290.

2° *Effets thérapeutiques* in vivo. — 15 souris sont contaminées, par voie intracérébrale, avec le virus souche *Kam*, puis traitées *per os*, à raison de 20^{mg} de chloromycétine quotidiennement pendant 6 jours (au total : 120^{mg}); 10 autres souris servent de témoins. Les animaux survivants sont sacrifiés le 12e jour.

Résultats. — *Cf.* tableau I. Absence de lésions cérébrales chez les souris préservées.

Conclusions. — La chloromycétine est douée d'une activité curative relativement faible chez les souris contaminées par voie névraxique et traitées per os.

TABLEAU I.

Souches.	Antibiotique.	Souris.	Nombre de souris.	Résultats. — Souris préservées. Nombre.	(%).	Passages négatifs (%) (stérilité du cerveau).
Kam	Chloromycétine	Traitées.......	15	6	40	18
		Témoins.......	10	0	0	–
	Auréomycine	Traitées.......	15	15	100	100
		Témoins.......	10	0	0	–
Rake		Traitées.......	15	15	100	90
		Témoins.......	10	0	0	–

II. AURÉOMYCINE. — 1° *Action virulicide* in vitro. — Même technique que précédemment, avec cette différence que la quantité d'antibiotique utilisée a été de $14 mg/cm^3$. Sur les 10 souris inoculées, 9 se sont révélées protégées, alors que tous les témoins ont présenté des lésions névraxiques caractéristiques.

Conclusions. — L'auréomycine possède une activité stérilisante des plus marquées in vitro *à l'égard du virus lymphogranulomateux.*

2° *Effets thérapeutiques* in vivo. — *a. Souche Kam.* — 15 souris sont contaminées par voie intracérébrale avec le virus lymphogranulomateux, souche *Kam*, puis traitées *per os*, à raison de 20^{mg} quotidiennement pendant 6 jours (au total : 120^{mg}). 10 autres animaux non traités servent de témoins. Les sujets survivants sont sacrifiés le 11e jour.

Résultats. — *Cf.* tableau I. Absence de lésions cérébrales chez les souris préservées.

b. Souche Rake. — 15 souris sont infectées de la même manière que les précédentes, puis traitées *per os*, à raison de 15^{mg} quotidiennement pendant 6 jours (au total : 90^{mg}). 10 autres animaux servent de témoins. Les souris survivantes sont sacrifiées le 9e jour.

Résultats. — *Cf.* tableau I. Absence de lésions cérébrales chez les sujets préservés.

CONCLUSIONS. — *L'auréomycine est douée d'une activité curative de tout premier ordre, nettement supérieure à celle de la chloromycétine.*

CONCLUSIONS GÉNÉRALES. — *La chloromycétine et l'auréomycine exercent des effets thérapeutiques chez les souris contaminées avec le virus lymphogranulomateux (maladie de Nicolas-Favre). Cependant, l'activité curative de l'auréomycine est nettement supérieure à celle de la chloromycétine. Ces conclusions sont donc conformes à celles de Wong et Cox (loc. cit.).*

A 16h40m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17h40m.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 14 DÉCEMBRE 1949.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** rappelle que la séance annuelle des Prix aura lieu lundi prochain, 19 décembre. Les Membres de l'Académie sont priés d'y assister en costume.

Il signale en outre qu'il n'y aura pas de séance le lundi 26 décembre.

En conséquence, la prochaine séance hebdomadaire ordinaire aura lieu le lundi 2 janvier 1950.

ASTROPHYSIQUE. — *Recherche d'une atmosphère au voisinage de la Lune.* Note de MM. **Bernard Lyot** et **Audouin Dollfus**.

On sait que la théorie cinétique des gaz n'exclut pas l'existence d'une atmosphère lunaire, à condition que celle-ci soit constituée de molécules de masse suffisante (1).

Recherches antérieures. — Durant les premières observations d'éclipses totales de Soleil, les spectacles de la couronne solaire et des protubérances furent attribués à tort à une atmosphère entourant la Lune (2).

Pendant les éclipses partielles de Soleil et les occultations de planètes (3), l'existence d'un liséré sur le bord lunaire fut discutée, mais dès 1879 Janssen obtint des photographies d'éclipses (4) montrant la granulation solaire, aucunement altérée sur le bord de la Luue.

Pendant les éclipses également, Janssen proposa d'utiliser un spectrographe

---

(1) G. P. Kuiper, *Contrib. Mc Donald obs.*, 161, p. 306.

(2) Vassenius, *An Observation of a Toral Eclipse of the Sun*, with a Mora, at Gottenberg, in Swenen, in Lat. 57°-40′ 543, may 2 1733 (*Mem. Roy. Soc.*, 9, 1741, p. 445).

(3) Flammarion, *L'Astronomie Populaire*, 1880, p. 173 et 176.

(4) Janssen, *Comptes rendus*, 89, 1879, p. 340.

dont la fente serait sécante au bord lunaire; l'atmosphère se manifesterait par ses bandes d'absorption ([5]).

Au moment d'une occultation, la réfraction dans une atmosphère lunaire produirait un déplacement apparent de l'étoile qui atteindrait 1″ pour une densité au sol égale environ à 10^{-3} fois celle de l'atmosphère terrestre, mais qui n'a pas été observé.

En 1926, Russell, Dugan et Stewart cherchèrent à observer la lueur crépusculaire que produirait une atmosphère sur le bord lunaire, aux cornes du croissant ([6]). Une atmosphère dont la densité au sol serait 10^{-5} fois celle de la Terre produirait une lueur qui serait encore décelable dans une lunette ordinaire, mais qui cependant n'a pas pu être observée.

En 1943, Fessenkoff rechercha sans succès l'atmosphére de la Lune par la polarisation de la lumière qu'elle diffuserait au delà du terminateur, près du centre de la Lune ([7]). D'aprés l'auteur, la polarisation d'une atmosphère dont la masse verticale serait 10^{-6} fois celle de la Terre aurait pu être mesurée; la précision attribuée à cette méthode nous paraît très exagérée : la lumière cendrée, elle-même fortement polarisée ([11]), est une centaine de fois plus brillante qu'une telle atmosphère en ce point et la lumière diffusée est encore plus intense.

En 1946, Kahn ([13]) discuta la possibilité d'observer, dans le spectre de la lumière cendrée, les caractéristiques d'une aurore polaire; G. Hertzberg ([14]) rechercha, près du bord lunaire, un spectre de fluorescence analogue à celui des têtes des comètes dont l'atmosphère est au moins 10^9 fois plus raréfiée que celle de la Terre (ce spectre serait dû aux gaz dégagés par les météorites tombant sur la Lune, mais la lumière lunaire diffusée ne lui permit pas de faire des poses assez longues.

En 1947, W. Haas signalait l'observation, devant la lumière cendrée, des traînées lumineuses brèves, qu'il attribuait à des météores traversant l'atmosphère lunaire ([8]). Cette hypothèse nécessiterait toutefois une densité au sol supérieure à 10^{-5} fois celle de la Terre ([9]).

Enfin G. Kuiper obtint récemment des spectres du bord de la pleine Lune entre 3000 et 3800 Å et rechercha sans succès, dans ceux-ci, les bandes de la molécule SO_2 ([10]). Ce constituant ne peut entrer dans la composition de

---

([5]) JANSSEN, *Comptes rendus*, 8, 1863, p. 962.

([6]) RUSSEL-DUGAN-STEWART, *Astronomy*, 1927.

([7]) FESSENKOFF, *Astr. Journ. Soviet Union*, 20, n° 2, 1943, p. 1; O. STRUVE, *Aph. Journ.*, 100, 1944, p. 105.

([8]) W. HAAS, *Pop. Astr.*, 55, 1947, p. 266.

([9]) G. DE VAUCOULEURS, *L'Astronomie*, 1947, p. 267.

([10]) *The atmospheres of the Earth and planets*, 1949, p. 322.

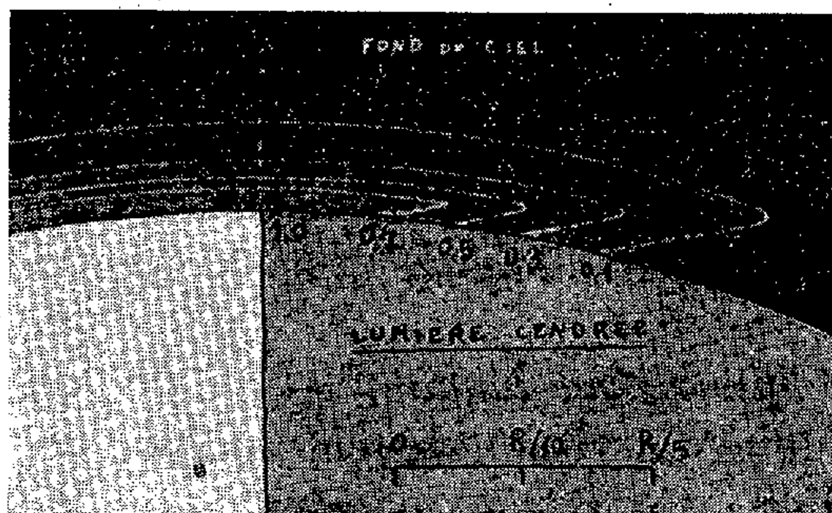
([11]) B. LYOT et A. DOLLFUS, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1773.

([13]) M. A. R. KAHN, *Popular Astronomy*, 54, 1946, p. 312.

([14]) G. HERTZBERG, *Popular Astronomy*, 54, 1946.

l'atmosphère lunaire qu'avec une masse verticale inférieure à $0,3.10^{-9}$ fois celle de l'atmosphère terrestre.

Méthode proposée. — Nous avons recherché l'atmosphère de la Lune en augmentant la précision de la méthode utilisée par Russell. Une atmosphère lunaire de composition analogue à celle de la Terre, mais de densité au sol 10^6 fois plus faible, produirait, lors de la quadrature, au delà des cornes du croissant une lueur crépusculaire dont la brillance serait aussi élevée que celle de la lumièrc cendrée. La forme de cette lueur est représentée par la figure;



Isophotes d'une atmosphère lunaire au premier quartier, au voisinage de la corne sud du croissant.

elle se prête aisément à l'observation. Nous sommes parvenus à réduire considérablement l'influence très gênante de la lumière lunaire diffusée par l'atmosphère terrestre et l'instrument d'observation en utilisant le coronographe de 20^{cm} d'ouverture de l'Observatoire du Pic du Midi ([12]). Avec cet instrument, la brillance du fond du ciel au voisinage des cornes de la Lune en quadrature devient très faible; elle est inférieure à 10^{-6} stilb. L'œil étant trop peu sensible, nous avons opéré photographiquement.

Clichés obtenus. — Le coronographe est équipé d'une chambre photographique formant sur une plaque Eastam 103 *a* C précédée d'un filtre jaune Wratten K3, une image achromatique de la Lune de 28^{mm} de diamètre. Le guidage et la correction des flexions sont assurés par un oculaire latéral solidaire du support de la plaque; celui-ci recueille, par l'intermédiaire d'un petit miroir, l'image d'un fin détail lunaire sélectionné par un orifice réglable, ménagé dans le disque du coronographe. L'image de la Lune est cachée par le disque légèrement excentré; une partie de la lumière cendrée dépasse celui-ci ainsi que les deux pointes extrêmes des cornes du croissant. La durée d'exposition, qui augmente avec la pureté du ciel, atteint trente minutes dans les meilleures conditions.

Des premiers essais, effectués en août 1948, avec l'aide de M. Clastre, ont été

([12]) B. LYOT, *L'Astronomie*, 1937, p. 203.

peu favorisés par l'état du ciel; un bon cliché a cependant été obtenu. En 1949, le 7 mai, les circonstances furent plus favorables, et deux bons clichés ont été réalisés.

Étude des clichés. — Dans une première analyse, le cliché agrandi est deux fois contretypé; la distribution de lumière obtenue est comparée à celle que montre la figure, elle est très différente, cette lumière reste six fois moins brillante que la lumière cendrée; elle décroît régulièrement vers l'extérieur. L'atmosphère lunaire ne se manifeste pas; la diffusion de la lumière lunaire, l'irradiation de la lumière cendrée et le résidu d'effet Eberhard sur le bord de celle-ci suffisent à expliquer la distribution observée.

Dans une seconde analyse, nous avons tracé avec un microphotomètre, une série de profils photométriques voisins et radiaux, puis comparé ceux-ci aux profils que produirait une atmosphère. Le résultat est négatif; la précision est limitée seulement par les fluctuations de densité provenant de la granulation de l'émulsion.

Brillance limite de l'atmosphère lunaire. — Soit B la brillance de l'atmosphère lunaire pour le rayon visuel tangent au bord du disque; B_0 celle du fond lumineux diffusé. En raison principalement des résidus de l'effet Eberhard, il n'est possible d'observer qu'à partir de l'isophote B/2; on a donc : $B/2 \leqq \gamma/(1-\delta)\,B_0$, γ étant le plus petit contraste décelable sur le cliché. γ peut se calculer par la relation suivante :

$$\gamma = \frac{K}{\Gamma}\,\sigma\left(\frac{\Delta\delta}{\delta}\right)\sqrt{\frac{L}{l}},$$

dans laquelle $\Gamma = 2{,}0$ est le facteur de contraste de l'émulsion; $\sigma(\Delta\delta/\delta) = 0{,}025$ la fluctuation relative de la déviation sur l'enregistrement; $l = 0^{mm},11$ la largeur de la fente du microphotomètre; $L = 0^{mm},22$ la largeur équivalente du profil de l'atmosphère; K le rapport Signal seuil/fluctuations du fond, arbitrairement choisi égal à 4. On obtient $\gamma = 0{,}035$ et par suite $B = 5{,}7\,.\,10^{-8}$ stilb, limite supérieure de brillance au-dessus de laquelle l'atmosphère lunaire aurait été décelée.

Densité limite de l'atmosphère lunaire. — Supposons l'atmosphère lunaire composée de gaz carbonique, sa température moyenne étant de 0° C. La formule de Laplace fournit le nombre n de molécules qui contribuent par diffusion à la brillance B : $n = 6{,}0 \times 10^7 \times n'$, n' étant le nombre de molécules par centimètre cube au sol. La formule de Rayleigh-Cabannes fournit la brillance que produirait, dans ces conditions, une atmosphère de densité au sol 10^{-8} fois celle de la Terre, soit $15{,}7 \times 10^{-8}$ stilb. La brillance limite observée est 0,4 fois celle-ci. On voit donc que *si l'atmosphère lunaire avait une densité au sol supérieure au cent millionième de celle de la Terre, elle aurait été facilement décelée.* Elle l'aurait probablement été pour une densité deux fois plus faible encore.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la teneur des vins en méthanol.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Lazare Silberstein.**

Nous avons décrit une micro-méthode permettant de reconnaître et de doser de petites quantités d'alcool méthylique ou méthanol en présence d'alcool ordinaire ([1]). Nous venons de l'appliquer à une série de vins purs et d'origines certaines que l'un de nous avait, en collaboration avec Didier Bertrand, rassemblés et étudiés au point de vue du rubidium ([2]).

Nous avons obtenu les résultats rassemblés dans le tableau ci-dessous :

Tableau I.

Noms des vins.	Couleur des vins.	Éthanol (g/l).	Méthanol (mg/l).	Méthanol pour cent d'éthanol.
	Vins de Bordeaux.			
Pauillac (Médoc)	Rouge	93,7	150	0,16
Château-Canon (Saint-Émilion.	»	103,1	138	0,13
Cru des Conseillans (Gironde).	»	78,1	138	0,18
	Vins de Bourgogne.			
Clos-de-Vougeot 1944	Blanc	90,6	100	0,11
» 1946	»	96,8	113	0,12
Volnay	Rouge	115,6	188	0,16
Beaujolais	»	100,0	100	0,10
	Vins du Rhône.			
Chiroubles	Rouge	106,2	100	0,09
Châteauneuf-du-Pape	Blanc	118,7	113	0,09
Aramon	Rouge	71,8	175	0,24
	Vins de Champagne.			
Champagne brut	Blanc	93,7	38	0,04
» champagnisé	»	93,7	38	0,04
	Vins d'Anjou.			
Cru de la Grée	Blanc	96,9	38	0,04
» Les Fougerays	»	93,7	38	0,04
» La Rousselle	»	96,9	38	0,04
» Sicot	»	84,4	63	0,07

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 245.

([2]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1461 et 1622. Le tableau des vins se trouve dans l'un des Mémoires qui suivent (p. 542): *Ann. Inst. Past.*, 77, 1949, p. 541 et 544.

Noms des vins.	Couleur des vins.	Éthanol (g/l).	Méthanol (mg/l).	Méthanol pour cent d'éthanol.
	Vins du Midi.			
Gaillac	Blanc	96,8	63	0,06
Tavel	Rosé	103,1	123	0,12
	Vins d'Algérie.			
Commune de Margueritte	Rouge	112,5	188	0,17
» d'Aïn-El-Hadjar	Rosé	115,6	88	0,08
» de Lodi	Rouge	103,1	138	0,13

On a déjà cherché le méthanol dans les vins. Les discordances entre les résultats obtenus d'abord se sont amenuisés avec les progrès des méthodes d'analyse et, finalement, Th. von Fellenberg, en Suisse ([3]), puis Michel Flanzy, en France ([4]), ont apporté des preuves concluantes de la présence de petites quantités de méthanol dans la généralité des vins.

Ce dernier auteur s'est préoccupé en outre de déterminer les proportions de méthanol dans les vins provenant de diverses régions ou préparés de manières différentes : il en a trouvé de 55 à 140^{mg} par litre. Mais il est prudent de considérer, d'après la méthode qui lui a servi, que les chiffres trouvés, nombreux et déjà très intéressants, n'ont que la valeur d'une première approximation.

Les résultats de notre tableau, atteints avec une méthode beaucoup plus simple et cependant plus précise, apportent une confirmation qualitative des travaux que nous venons de rappeler, mais ils fournissent de plus des éléments d'appréciation quantitative certainement plus rapprochés de la vérité que ceux dont on devait se contenter jusqu'ici. D'après nos chiffres, l'échelle de teneur en méthanol de principaux vins français s'étend à peu près de 38 à 188^{mg} par litre et, si l'on rapporte le poids de cet alcool à celui de l'alcool ordinaire qu'il accompagne dans les mêmes vins, on calcule qu'il y a environ de 40 à 240^{mg} du premier pour 100^{g} du second.

Un examen rapide du tableau donne l'impression d'une grande irrégularité de la teneur en méthanol des vins analysés. Il n'en est plus de même si l'on sépare ces vins suivant leur couleur et qu'on les range en même temps par ordre de teneur croissante de l'alcool envisagé. On obtient, en effet, le tableau suivant dans lequel on voit nettement que les vins blancs sont compris dans la partie la moins pourvue de méthanol, de 38 à 113^{mg} par litre, et presque tous les vins rouges dans la partie la plus riche, de 138 à 188^{mg}. Quelques vins rouges ne renferment que 100^{mg} de méthanol par litre, les deux vins rosés occupent la partie moyenne avec 88 et 125^{mg}.

([3]) *Biochem. Zts.*, **85**, 1918, p. 45.
([4]) *Ann. des Falsif.*, **28**, 1935, p. 260.

TABLEAU II.

Vins blancs.	Vins rosés.	Vins rouges.	Méthanol (mg/l).
Champagne brut			
— champ			
Anjou, la Grée			38
— les Fougerays			
— la Rousselle			
— Sicot			63
Gaillac			
	Algérie-Aïn-Hadj		88
		Beaujolais	
		Chiroubles	100
Clos Vougeot 1944			
— 1946			113
Châteauneuf du Pape			
	Tavel		125
		Algérie-Lodi	
		St-Émillion	138
		Conseillans	
		Pauillac (Médoc)	150
		Aramon	175
		Volnay 1947	188
		Algérie-Marguerite	

Ces différences de composition quantitative des vins selon leur origine suggèrent quelques réflexions. Au point de vue organoleptique, on peut observer que le méthanol et l'alcool éthylique se ressemblent beaucoup par l'odeur et la saveur, mais que leurs dérivés, et en particulier leurs esters, comme il s'en forme dans les vins avec le temps, se distinguent bien davantage. Il est donc admissible que les proportions de méthanol interviennent d'une façon appréciable et caractéristique dans la production du bouquet des vins.

A un point de vue physiologique plus général, il est à retenir que le méthanol se comporte d'une manière très différente que l'alcool ordinaire. Le *Bacterium aceti*, la bactérie du sorbose et nombre de ferments oxydants qui transforment avec facilité l'éthanol en acide acétique sont sans action sur le méthanol. L'organisme humain ne paraît guère plus apte à assimiler le méthanol : en petites quantités, il le supporte et l'élimine, au moins en partie, par l'urine; en quantités plus grandes, il est intoxiqué. On connaît de nombreux cas d'empoisonnements graves et même mortels par des spiritueux dans lesquels on avait introduit de l'alcool méthylique en place d'alcool ordinaire.

Une alimentation végétale peut fournir à l'organisme de petites quantités de méthanol au cours d'un repas, mais engagé dans des combinaisons plus ou moins complexes d'où la digestion le libère au fur et à mesure du chemin par-

couru dans le tube intestinal. De sorte que sa concentration dans le sang reste très faible. L'ingestion du vin, dans lequel le méthanol est libre, peut, au contraire, porter un moment la concentration du liquide sanguin à un taux supérieur au seuil de l'accoutumance. Et cette cause de trouble physiologique est susceptible d'apparaître, toutes autres circonstances étant égales, avec des volumes de vin inversement proportionnels à leur teneur, soit, au moins d'après les analyses mentionnées plus haut dans le rapport de cinq à un, et il y a lieu de croire que ce rapport apparaîtra plus élevé quand on aura soumis à l'analyse un plus grand nombre de vins.

En résumé, grâce à une méthode simple et cependant précise, il nous a été possible de démontrer la présence dans les vins français et algériens que nous avons analysés d'une petite proportion d'alcool méthylique ou méthanol. Cette proportion varie suivant les vins d'environ 38 à 188 mg/l. Ce sont, en général, les vins blancs qui contiennent le moins de méthanol et les vins rouges qui en renferment le plus ([5]).

GÉOLOGIE. — *Westphalien supérieur et Stéphanien inférieur.* Note (*) de MM. **Pierre Pruvost** et **Paul Corsin**.

P. Bertrand s'est occupé à plusieurs reprises ([1]) de la flore du Westphalien supérieur et du Stéphanien inférieur. La dernière publication de cet auteur, sur ce sujet, date de 1937 ([2]). Dans ce travail, il a mis au point l'état de nos connaissances sur les flores de l'assise de la Houve (Westphalien supérieur) et de l'assise de Rive-de-Gier (Stéphanien inférieur).

Tenant compte des observations de P. Bertrand, nous sommes amenés, par nos propres investigations, à donner les précisions suivantes, qui modifient certaines de ses conclusions.

1. La partie supérieure du Westphalien D de P. Bertrand (ou zone à *Mixoneura*) dans la Sarre, c'est-à-dire là où cette assise a été prise comme type, est essentiellement caractérisée : « par la présence en masse des *Mixoneura* du type de l'*ovata* (*M. sarana* et *M. Deflinei* P. B.) ». Le *M. sarana* se manifeste déjà dans les Flambants inférieurs et s'éteint à la base de l'assise de Sarrelouis où il a été trouvé une fois (La Houve). La fréquence des *Pecopteris* du groupe *Danæites* (*P. crenulata* Brong., *P. saræfolia-Röhli*, *P. saræpontana* Stur), de *P. longifolia* Brong. et de *P. micro-Miltoni* P. B., l'abondance de *Mariopteris Leharlei* Corsin et de *M. nervosa* Brong., qui persistent dans toute l'épaisseur

---

([5]) Cette Note est extraite d'un Mémoire qui paraîtra ultérieurement.

(*) Séance du 5 décembre 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **167**, 1918, p. 689; **170**, 1920, p. 331; **175**, 1922, p. 770; **183**, 1926, p. 1349.

([2]) P. Bertrand, *Congr. Intern. Stratigr. Carbonif. Heerlen*, 1937, p. 65.

des zones de Saint-Avold et de Faulquemont, contribuent à caractériser cette assise. Signalons, en outre, dans tout le Westphalien D, la présence d'espèces banales comme *Alethopteris serli-lonchitifolia* P. B. et *Linopteris neuropteroides* Gutb.

D'autre part, l'apparition, en petit nombre, d'espèces stéphaniennes (*Pecopteris* cyatheoïdes, *P. polymorpha* Brong., *P. lamurensis* Heer, *Odontopteris Reichi* Gutb., etc.,) à la partie tout à fait supérieure de la zone de Saint-Avold (au toit de la veine Aspen-Théodore ou de la veine Heinrich de Püttlingen) confère à la zone de Faulquemont qui la surmonte le caractère d'une zone de passage au Stéphanien.

P. Bertrand note, en outre, qu'il n'a jamais trouvé le *Callipteridium pteridium* Schl. dans le Westphalien D. Cependant certains auteurs l'ont signalé mais, dans ce cas, il se trouverait immédiatement sous le conglomérat de Holz.

Quant à la faune limnique, étudiée par G. Waterlot, elle est pauvre et se borne, jusqu'à présent, à une seule espèce locale, l'*Anthracomya Weissi* Geinitz.

2. Or, on trouve, dans la flore des Anthracites de Molières ([3]) (couches I à X) du Gard, que P. Bertrand avait assimilée à son Westphalien D, une grande abondance d'un autre *Mixoneura*, le *M. flexuosa* Gr'E. Il est accompagné d'espèces non moins abondantes, telles que : *Pecopteris lamurensis*, *P. arborescens* Schl., *P. unita* Brong, *P. polymorpha*, *P. Plückeneti* Schl., *Callipteridium pteridium*, *Sphenophyllum emarginatum* Sternberg, *Sphenoph. majus* Brong. et des Sigillaires cannelées.

3. Le Stéphanien inférieur en Sarre et Lorraine (Assise de Sarrelouis ou Ottweiler inférieur) et dans le Gard (Série supérieure de Molières) a pour caractéristiques : la fréquence de *Pecopteris lamurensis*. *P. arborescens*, *P. polymorpha*, *P. unita* et *P. Plückeneti*; la présence d'*Odontopteris Reichi*, *Zygopteris erosa* Gutb., *Sphenophyllum oblongifolium* Germar, *Callipteridium pteridium*; la co-existence de *Sigillaria Brardi* Brong. et des Sigillaires cannelées; l'extinction totale des *Mariopteris*.

Remarquons, enfin, que si P. Bertrand admet en 1920 ([1]) que l'assise de Rive-de-Gier (Stéphanien inférieur) est marquée par l'extinction de *Mixoneura flexuosa*, il reconnaît en 1937 ([2]), et notamment pour le Gard, la présence dans cette assise d'un *Mixoneura* qu'il appelle aff. *sarana-Deflinei*. Or, au cours de la révision des flores du Stéphanien dans le bassin même de la Loire, nous avons fréquemment reconnu *M. flexuosa* dans l'assise de Rive-de-Gier.

4. On remarque donc que, à part la grande fréquence du *Mixoneura flexuosa*, qui peut être considérée comme un accident local, la flore des Anthracites de Molières offre toutes analogies avec celle du Stéphanien inférieur des Bassins sarro-lorrain et du Gard et non pas avec celle du Westphalien D.

L'abondance de *P. lamurensis*, *P. arborescens*, *P. unita*, *P. Plückeneti*, *P. poly-*

([3]) P. Bertrand, *Livr. Jub. Cent. Soc. géol. France*, 1930, p. 121.

morpha, la présence de *Callipteridium pteridium* (jamais trouvé avec certitude dans le Westphalien), l'absence totale de *Mariopteris* dans les Anthracites de Molières, plaident en faveur du rajeunissement de ces couches. On peut donc conclure que les Anthracites de Molières appartiennent au Stéphanien inférieur (ou Assise de Rive-de-Gier) et non au Westphalien en D où les avait placés P. Bertrand.

La nature de la faune limnique à *Estheria cebennensis* Gd' Eury et à *Leaia Baentschi* Beyr., si caractéristique des Anthracites de Molières, conduit à la même conclusion, ces deux espèces étant, la première à la Mure, la seconde en Sarre, nettement associées à la flore de Rive-de-Gier.

5. Quant à la flore de l'étage stérile de Gagnières, immédiatement inférieur aux Anthracites de Molières et si riche en *Estheria cebennensis*, elle est, au contraire, très pauvre. Cependant P. Bertrand y a signalé : *Linopteris neuropteroides*, *Rhacopteris Busseana*, *P. saræfolia* P. B., *Callipteridium* sp., *Dorycordaites* et *Lepidodendron rimosum* Sternb.

P. Bertrand assigne, à cette formation, un âge Westphalien D à cause de la présence de *Linopteris neuropteroides*, de *Rhacopteris Busseana* et surtout de *P. saræfolia*. Si l'on remarque que le *Linopteris neuropteroides* se trouve fréquemment dans le Stéphanien, que le *Rhacopteris Busseana* n'est pas une plante bien caractéristique, il ne reste que le *P. saræfolia* pour placer cette assise dans un équivalent de l'assise de la Houve. Nous avons examiné, à nouveau, les échantillons rapportés à *P. saræfolia* par P. Bertrand. Ce ne sont que des petits fragments (quelques pinnules) pouvant tout aussi bien être déterminés *P. Daubrei*, par exemple. L'argument le plus déterminant, en faveur du rattachement du Stérile de Gagnières au Westphalien D, tombe donc. Et, puisqu'on y trouve déjà le *Callipteridium*, il paraît tout aussi logique de considérer ce stérile comme appartenant aussi au Stéphanien inférieur.

6. Nous pensons que la seule présence du genre *Mixoneura* en grande abondance ne suffit pas pour affirmer que les terrains qui le renferment appartiennent au Westphalien D. En effet, le *Mixoneura ovata* (Westphalien C), le *M. sarana* (Westphalien D), le *M. flexuosa* (Stéphanien A) et le *M. neuropteroides* (Stéphanien B) ne constituent que des formes correspondant à des stades de l'évolution d'une même plante dans le temps. Par suite, on trouve ces différentes formes à des niveaux successifs dans le terrain houiller, et il est toujours possible que certaines d'entre elles, en certains points de la forêt carbonifère, explosent brusquement. Ainsi s'expliqueraient les maxima de *M. sarana* dans la Sarre (Westphalien D) et de *M. flexuosa* dans les Anthracites de Molières du Gard (Stéphanien A).

7. Il résulte de ceci que le bassin du Gard doit être considéré comme ne contenant que des dépôts stéphaniens et que la sédimentation houillère n'y a commencé, comme à Saint-Étienne, à Carmaux, à Brassac, à la Mure, qu'avec l'assise de Rive-de-Gier.

M. MAURICE CAULLERY dépose sur le Bureau le volume des *Comptes rendus* du *XIIIe Congrès International de Zoologie*, qui s'est tenu à Paris, du 21 au 27 juillet 1948, et dont il présidait le Comité exécutif.

NOMINATIONS.

Par l'unanimité des suffrages, M. GASTON RAMON est désigné pour faire partie du Conseil d'Administration de l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort, en remplacement de M. *Emmanuel Leclainche*, qui désire se retirer.

CORRESPONDANCE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° ALFRED CHAPUIS et EDMOND DROZ. *Les Automates. Figures artificielles d'hommes et d'animaux. Histoire et technique* (présenté par M. Pierre Chevenard).

2° Centre de recherches et d'études océanographiques. *Contributions.*

3° HENRI VARCOLLIER. *La théorie de la propagation ellipsoïdale et ses possibilités. Relativité, quanta, gravitation.*

4° JAROSLAV PANTOFLIČEK. *Vyrovnavaci počet statickou methodou.*

ALGÈBRE. — *Le produit complet et la théorie de la ramification : extramodules; résumé de l'ancienne théorie.* Note de M. MARC KRASNER, présentée par M. Jacques Hadamard.

Je conserve la terminologie et les notations de ma Note précédente (1).

1. Soient $S^\star$ un corpoïde commutatif sans torsion (2) et s un sous-corpoïde de $S^\star$ dont $S^\star$ soit une extension galoisienne (2) de degré fini (2). Considérons les vecteurs $A=(a', a'', \ldots, a^{(m)})$ $(a^{(i)}\in S^\star)$ dans $S^\star$. Deux m-vecteurs $A_1=(a'_1, a''_1, \ldots, a^{(m)}_1)$ et $A_2=(a'_2, a''_2, \ldots, a^{(m)}_2)$ seront dits *addibles* si, pour tout i, $a^{(i)}_1$ et $a^{(i)}_2$ le sont; et, dans ce cas, leur somme A_1+A_2 sera, par définition $(a'_1+a'_2, a''_1+a''_2, \ldots, a^{(m)}_1+a^{(m)}_2)$. $\sigma^\star$ étant un automorphisme de $S^\star/s$, le conjugué (dans $S^\star/s$) $\sigma^\star.A$ de A sera $(\sigma^\star.a', \sigma^\star.a'', \ldots, \sigma^\star.a^{(m)})$. Si $s\subset S\subset S^\star$, on notera $\langle A\rangle_S$ l'ensemble des conjugués de A dans $S^\star/S$.

Deux couples $e^\star_1=(A_1, \sigma^\star_1)$ et $e^\star_2=(A_2, \sigma^\star_2)$, où A_1, A_2 sont deux m-vecteurs dans $S^\star$, et où $\sigma^\star_1$, $\sigma^\star_2$ sont deux éléments du groupe de Galois $G_{S^\star/s}$ de $S^\star/s$, sont dites *composables* si A_1 et A_2 sont addibles; et, dans ce cas, leur composé $e^\star_1 e^\star_2$ est, par définition, le couple $(A_1+\sigma^\star_1.A_2, \sigma^\star_1\sigma^\star_2)$. Un ensemble E de tels

(1) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1103.

(2) *Voir* mes Notes des *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 345-347 et 473-476.

couples est dit un *extramodule vectoriel* (ou *m-vectoriel*, s'il faut préciser m) *de* $S^{\star}/s$ s'il est un groupe par rapport à cette composition. L'ensemble A_E des premières coordonnées A des $e^{\star}=(A, \sigma^{\star}) \in E$ sera dit le *support* de E, et l'ensemble G_E des secondes coordonnées des $e^{\star} \in E$ en sera dit le *groupe*. Le groupe $\mathcal{J}^E$ des $\sigma^{\star} \in G_{S^{\star}/s}$ tels que $(0, \sigma^{\star}) \in E$ sera dit le *groupe unitaire* de E, et l'ensemble U^E des $(0, \sigma^{\star}) \in E$ sera dit *l'extramodule unitaire* de E. Si l'on identifie un $A \in A_E$ avec l'ensemble des $e^{\star} \in E$ de la forme $e^{\star}=(A, \star)$, A_E s'identifie avec $E \mid U_E$. Ceci posé, le groupe de permutations $\lambda_{e^{\star}}=\{x \rightarrow A+\sigma^{\star}.x\}$ de A_E, induites par les $e^{\star}=(A, \sigma^{\star}) \in E$, s'identifie avec le groupe quotient $[E/U^E]$ de E par U^E. Ce groupe de permutations, noté [E], sera dit le *quotient réduit* de E, et les groupes, qui sont des quotients réduits de quelque extramodule vectoriel seront dits *groupes vectoriels extramoduliformes*. D'autre part, l'hypergroupe quotient droit E/U^E de E par U^E, qui n'est autre chose que l'hypergroupe de [E], sera noté H(E) et sera dit l'*hypergroupe* de E.

Les hypergroupes de la forme H(E) seront dits *hypergroupes vectoriels extramoduliformes*. Si S^E est le sous-corpoïde de $S^{\star}$ appartenant à $\mathcal{J}^E$, les éléments de H(E) sont de la forme $e=(A, \sigma)$, où A parcourt A_E, et où σ parcourt $G_E/\mathcal{J}^E \subseteq G_{S^E/s}$. Si $e_1=(A_1, \sigma_1)$ et $e_2=(A_2, \sigma_2)$ sont $\in H(E)$, $e_1 e_2$ est l'ensemble des $(A_1+\sigma_1^{\star}.A_2, \sigma_1^{\star}\sigma_2)$, où $\sigma_1^{\star} \in G_{S^{\star}/s}$ parcourt σ_1. Si tout $\sigma \in G_E/\mathcal{J}^E$ conserve tout élément du corps R^E de S^E, H(E) est dit *linéaire*, et si $G_E/\mathcal{J}^E$ se réduit à l'isomorphisme identique 1_{S^E} de S^E, auquel cas A_E est un module M_E dans $S^{\star}$, stable par rapport aux $\sigma^{\star} \in G_{S^{\star}/S^E}$, H(E) est dit *moduliforme*. Alors, la loi de composition dans H(E) est $(A_1, 1_{S^E})(A_2, 1_{S^E})=(A_1+\langle A_2\rangle_{S^E}, 1_{S^E})$; H(E) est complètement déterminé, dans ce cas, par la donnée de $A_E=M_E$ et de S_E, et sera noté $(M_E; S^E)$. Le groupe [E] sera dit, dans les cas correspondants, S^E-*linéaire* ou S^E-*moduliforme*. Dans le cas moduliforme, [E] est engendré par les translations $\{x \rightarrow \mu+x\}$ $(\mu \in M_E)$ de M_E et par les permutations $\{x \rightarrow \sigma^{\star}.x\}$ de M_E, induites par les automorphismes $\sigma^{\star} \in G_{S^{\star}/S^E}$, et la donnée de M_E et de S^E le détermine, ce qui permet de le noter $[M_E; S^E]$. Si $m=1$, on supprimera dans les termes précédents le mot *vectoriel*.

Si S est un corpoïde entre S^E et $S^{\star}$, le groupe $L_S(E)$ des éléments $e^{\star}=(A, \sigma^{\star})$ de E tels que $\sigma^{\star}$ conserve tout élément du corps R de S, est dit le *noyau linéaire* de E- sur S. $[L_S(E)]$ et $H(L_S(E))$ sont dits le *quotient* S-*linéaire* et l'*hypergroupe* S-*linéaire* de E. L'ensemble M_E des $A \in A_E$ tels que $(A, 1_{S^{\star}}) \in E$, est dit le *module* de E. Il est stable par rapport à $G_{S^{\star}/S^E}$, et, *a fortiori*, par rapport à $G_{S^{\star}/S}$. $[M_E; S]$ est un sous-groupe moduliforme de [E], dit le *quotient* S-*moduliforme de* E, et son hypergroupe $(M_E; S)$, qui est moduliforme, est dit l'*hypergroupe* S-*moduliforme de* E.

Si $S^{\star}/s$ est une surextension galoisienne commune de deux extensions galoisiennes $S_1^{\star}/s$ et $S_2^{\star}/s$, des extramodules E_1 de $S_1^{\star}/s$ et E_2 de $S_2^{\star}/s$ sont dits *équivalents* si leurs supports coïncident et si, pour tout élément A de leur support commun, l'ensemble des $\sigma_1^{\star} \in G_{S_1^{\star}/s}$ tels que $(A, \sigma_1^{\star}) \in E_1$ et l'ensemble des

$\sigma_2^* \in G_{S_2^*/s}$ tels que $(A, \sigma_2^*) \in E_2$ sont induits par un même ensemble des $\sigma^* \in G_{S^*/s}$. E_1 et E_2 sont équivalents si, et seulement si $H(E_1) = H(E_2)$, et cette équivalence entraîne $[E_1] = [E_2]$: en effet, E est l'ensemble des (A, σ^*) tels que $(A, \sigma) \in H(E)$ et que $\sigma^* \in G_{S^*/s}$ induise σ.

2. Dans mes Notes antérieures, citées à la fin de ma Note précédente ([1]), j'ai défini, pour une extension algébrique finie K d'un corps valué (que je supposerai ici complet) k (le corps de Galois de K/k sera noté K^*), divers hypergroupes caractéristiques : l'hypergroupe d'*inertie* T, formé par les $\sigma \in G_{K/k}$ tels que $|\alpha| \leqq 1$ $(\alpha \in K)$ entraîne $|\sigma.\alpha - \alpha| < 1$; l'hypergroupe *de ramification* V, formé par les $\sigma \in G_{K/k}$ tels que, pour tout $\alpha \in K$, on ait $|\sigma.\alpha - \alpha| < |\alpha|$; un $\alpha \in K$ étant fixé (*théorie extrinsèque de ramification*), et $v_0^{(\alpha)} < v_1^{(\alpha)} < \ldots < v_{m^\alpha - 1}^{(\alpha)} = +\infty$ étant toutes les valeurs qui sont prises par $v_\alpha(\sigma) = \omega(\sigma.\alpha - \alpha) = -\operatorname{Log}|\sigma.\alpha| - \alpha|$ quand σ parcourt $G_{K/k}$, le $q^{\text{ième}}$ *hypergroupe de décomposition* $Z_q^{(\alpha)}$ *en* α, formé par les $\sigma \in G_{K/k}$ tels que $v_\alpha(\sigma) \geqq v_q^{(\alpha)}$, ainsi que les $q^{\text{ièmes}}$ hypergroupes *d'inertie* $T_q^{(\alpha)} = Z_q^{(\alpha)} \cap T$ et *de ramification* $V_q^{(\alpha)} = Z_q^{(\alpha)} \cap V$ en α; et, enfin, d'autres hypergroupes $\mathfrak{V}_q (q = 0, 1 \ldots, m; \mathfrak{V}_0 = V)$ dits *caractéristiques*, dont je ne rappelle pas la définition, qui ne dépendent que de K/k (ils constituent, avec T et V, la *théorie intrinsèque de ramification*) et ont la propriété suivante : il existe un ensemble fini $\mathfrak{a} \subset K$ tel que, pour tout $q = 0, \ldots, m$ et, pour tout $\alpha \in \mathfrak{a}$, il existe un indice $i(q, \alpha)$ de manière que $\mathfrak{V}_q = \cap V_{i(q-1, \alpha)+1}^{(\alpha)} = \cap V_{i(q, \alpha)}^{(\alpha)}$, l'intersection étant étendue aux $\alpha \in \mathfrak{a}$. Soient s, S, S^* les squelettes ([2]), r, R, R^* les corps de restes et $\mathfrak{m}$, $\mathfrak{M}$, $\mathfrak{M}^*$ les modules de valuation des k, K, K^*, et soit $\mathfrak{P}^*$ l'idéal premier de K^*. Si $\alpha^* \in K^*$, notons $\bar{\alpha}^*$ son reste squelettique, autrement dit la classe de congruence multiplicative (mod. $\mathfrak{P}^*$) à laquelle il appartient. Si $\alpha \in K$ et si $\sigma \in G_{K/k}$, $\overline{\sigma.\alpha}$ ne dépend, puisque σ conserve la valuation que des σ et $\bar{\alpha}$; $\bar{\sigma} = \{\bar{\alpha} \to \overline{\sigma, \alpha}\}$ est un isomorphisme de S/s dans S^*, et l'on prouve que $\overline{\sigma_1 \sigma_2} = \bar{\sigma}_1 \bar{\sigma}_2$ $(\sigma_1, \sigma_2 \in G_{K/k})$ et que $\sigma \to \bar{\sigma}$ est une application de $G_{K/k}$ *sur* $G_{S/s}$. Comme $\bar{\sigma} = 1_S$ équivaut à $\sigma \in T$, $\sigma T \to \bar{\sigma}$ est un isomorphisme de $G_{K/k}/T$ sur $G_{S/s}$.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les sous-groupes centraux d'un produit complet de groupes abéliens.* Note de M. **Leo Kaloujnine**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans la présente Note je me servirai des notions et des résultats énoncés dans une Note de Kaloujnine-Krasner ([1]). (Ces notions et ces résultats seront précisés autant que cela sera nécessaire pour la compréhension.)

H étant un groupe, une suite $H = H_0 \supset H_1 \supset \ldots \supset H_s$ de sous-groupes de H est dite une *suite de composition incomplète*, si :

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 806-808.

1° Pour tout i, H_i est invariant dans H_{i-1} ;

2° H_s est anti-invariant dans H.

Soit H′ un autre groupe avec une suite de composition incomplète

$$H' = H'_0 \supset H'_1 \supset \ldots \supset H'_s$$

de la même longueur s. Soit pour tout i, φ_i (resp. φ'_i) un homomorphisme de H_{i-1} (resp. H'_{i-1}) sur un même groupe Γ_i, le noyau de φ_i (resp. φ'_i) étant H_i (resp. H'_i). Un isomorphisme γ de H sur H′ est dit $(\Gamma_1, \Gamma_2, \ldots, \Gamma_s)$-*isomorphisme* si, pour tout i, on a $\varphi_i = \varphi'_i \gamma$. En particulier, si l'on a $H = H'$ et, pour tout i, $H'_i = H_i$ et $\varphi'_i = \varphi_i$, un automorphisme γ de H sera dit un $(\Gamma_1, \Gamma_2, \ldots, \Gamma_s)$-*automorphisme* si, pour tout i, on a $\varphi_i = \varphi_i \gamma$.

On vérifie sans peine la propriété fondamentale suivante : *Pour que tout automorphisme intérieur de* H *soit un* $(\Gamma_1, \Gamma_2, \ldots, \Gamma_s)$ *-automorphisme, il faut et il suffit que, pour tout* i, H_{i-1}/H_i *soit contenu dans le centre de* H/H_i. [Une telle suite est dite une *suite centrale*. Dans une suite centrale tout H_i est invariant dans H et, en particulier, H_s se réduit à l'unité. En outre, $(H_{i-1}/H_i) \simeq \Gamma_i$ est un groupe abélien.]

Soient $\Gamma_1, \Gamma_2, \ldots, \Gamma_s$ s groupes abéliens, et soit $\mathcal{G} = \Gamma_1 \circ \Gamma_2 \circ \ldots \circ \Gamma_s$ le produit complet des groupes abstraits Γ_i (¹). Considérons un sous-groupe transitif G de $\mathcal{G}$, tel que la suite canonique $G = G_0 \supset G_1 \supset \ldots \supset G_s$ de G soit une suite centrale. (Un tel sous-groupe transitif de $\mathcal{G}$ sera dit un *sous-groupe central de* $\mathcal{G}$. Pour les sous-groupes centraux G de $\mathcal{G}$ on a, en particulier, $G_s = G \cap \mathcal{G}_s = 1(\mathcal{G})$. Donc, un sous-groupe central est toujours schreierien (¹). Tout automorphisme intérieur $G \to aGa^{-1}$ (²) $(a \in G)$ de G est un $(\Gamma_1, \Gamma_2, \ldots, \Gamma_s)$-automorphisme, et, en vertu du théorème II (¹), il est induit par un automorphisme intérieur $\mathcal{G} \to \lambda_a \mathcal{G} \lambda_a^{-1}$ de $\mathcal{G}$ avec un $\lambda_a \in \mathcal{G}_s$. Posons $\tilde{a} = a\lambda_a^{-1}$. $\tilde{a}$ est permutable avec les éléments de G et le sous-groupe $\tilde{G}$ engendré par les $\tilde{a}$, a parcourant G, est contenu dans le centralisateur $\overline{G}$ de G dans $\mathcal{G}$. Or, puisque les images d'un $a \in G_{i-1}$ et de $\tilde{a} = a\lambda_a^{-1} \in \tilde{G}_{i-1}$ par l'homomorphisme canonique de $\mathcal{G}_{i-1}$ sur Γ_i coïncident, l'homomorphisme canonique de $\tilde{G}_{i-1}$ dans Γ_i est un homomorphisme sur Γ_i et $\tilde{G}$ est un sous-groupe transitif de $\mathcal{G}$. Il en résulte que $\overline{G}$ est transitif.

Inversement, soit G un sous-groupe transitif de $\mathcal{G}$ dont le centralisateur $\overline{G}$ dans $\mathcal{G}$ soit transitif. Pour tout $a \in G$ il existe un élément $\bar{a} \in \overline{G}$ contenu dans la classe à droite $a\mathcal{G}_s$ de $\mathcal{G}$ suivant $\mathcal{G}_s$. Posons $\lambda_a = \bar{a}^{-1} a \in \mathcal{G}_s$. L'automorphisme $\mathcal{G} \to \lambda_a \mathcal{G} \lambda_a^{-1}$ induit dans G un automorphisme qui coïncide avec l'automorphisme intérieur $G \to aGa^{-1}$ de G. Ainsi, tout automorphisme inté-

(²) $G \to aGa^{-1}$ désigne évidemment l'application $g \to aga^{-1}$ (g parcourant G). Cette écriture qui ne prête dans notre cas à aucune confusion sera également employée dans la suite.

rieur de G est un $(\Gamma_1, \Gamma_2, \ldots, \Gamma_s)$-automorphisme (relativement à sa suite canonique) et G est un sous-groupe central de $\mathcal{G}$. Ceci démontre le

THÉORÈME I. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'un sous-groupe transitif* G *de* $\mathcal{G}$ *en soit un sous-groupe central est que le centralisateur* $\overline{G}$ *de* G *dans* $\mathcal{G}$ *soit un sous-groupe transitif de* $\mathcal{G}$.

De ce théorème résultent les propriétés suivantes d'un sous-groupe central G de $\mathcal{G}$:

1° *Le centralisateur* $\overline{G}$ *de* G *est un sous-groupe central de* $\mathcal{G}$. (En effet, $\overline{\overline{G}} \supseteq G$ est un sous-groupe transitif de $\mathcal{G}$.)

2° $\overline{\overline{G}} = G$ (car $\overline{G}$ est central, donc schreierien dans $\mathcal{G}$).

3° *Le seul élément de* $\mathcal{G}_s$ *permutable avec les éléments de* G *est l'unité de* $\mathcal{G}_s$. [En effet, $\mathcal{G}_s \cap \overline{G} = 1(\mathcal{G}_s)$, $\overline{G}$ étant schreierien].

4° *L'élément* $\lambda_a \in \mathcal{G}_s$ *tel que l'automorphisme* $G \to \lambda_a G \lambda_a^{-1}$ *coïncide avec l'automorphisme intérieur* $G \to a G_a^{-1}$ *est univoquement déterminé par* a. (Ceci résulte de 3°). *L'application* $a \to \lambda_a$ *est un homomorphisme de* G *dans* $\mathcal{G}_s$ *dont le noyau est le centre de* G.

5° *L'application* $\gamma = \{ a \to \overline{a} = a\lambda_a^{-1} \}$ *est un anti-isomorphisme de* G *sur* $\overline{G}$. [En effet, si $a, b \in G$, on a, puisque $\overline{a} = a\lambda_a^{-1} \in \overline{G}$ est permutable avec b, $\overline{a}\overline{b} = a\lambda_a^{-1} b \lambda_b^{-1} = ba\lambda_a^{-1}\lambda_b^{-1} = (ba)(\lambda_b\lambda_a)^{-1} = \overline{ba}$]. φ_i (resp $\overline{\varphi}_i$) désignant l'homomorphisme canonique de G_{i-1} (resp $\overline{G}_{i-1}$) sur Γ_i, on a $\varphi_i = \overline{\varphi}_i\gamma$. [On peut dire que γ *est un* $(\Gamma_1, \Gamma_2, \ldots, \Gamma_s)$*-anti-isomorphisme de* G *sur* $\overline{G}$].

THÉORIE DES GROUPES. — *Les images homomorphes des groupoïdes de Brandt et l'immersion des semi-groupes*. Note de M. **Dov Tamari**, présentée par M. Élie Cartan.

Opérations canoniques. — On peut munir un ensemble quelconque E d'une opération triviale, dite canonique de dimension 0, où chaque élément est idempotent et où deux éléments distincts ne sont pas composables. On définit dans $E \times E$ une opération binaire, dite canonique de dimension 1, par $(k, l)(m, n) = (k, n)$ si $l = m$, et non composables si $l \neq m$. $E \times E$ devient ainsi un groupoïde de Brandt $\mathcal{B}$ de l'ordre 1 [1], et inversement on peut identifier un tel $\mathcal{B}$ avec un $E \times E$ muni de son opération canonique, où $E \simeq E_{\mathcal{B}} = \Delta$ [$E_{\mathcal{B}}$ est l'ensemble d'unités[2] de $\mathcal{B}$]. Cette opération associative [2] appliquée aux sous-ensembles de $\mathcal{B}$ est justement la composition des fonctions.

---

[1] L'ordre 1 suffit Un groupoïde de Brandt général est un ensemble $\mathcal{G} \times \mathcal{B}$ ($\mathcal{G}$ un groupe quelconque) muni de l'opération $(g_1, b_1)(g_2, b_2) = (g_1 g_2, b_1 b^2)$ si $b_1 b_2$ a un sens.

[2] Dans le sens de BRANDT, *Ueber eine Verallgemeinerung des Gruppenbegriffes* (*Math. Ann.*, 96, 1926, p. 360.) *Cf.* R. CROISOT, *Une interprétation des relations d'équivalence dans un ensemble* (*Comptes rendus*, 226, 1948, p. 616).

Ensemble quotient $\mathcal{B}' = \mathcal{B}/\mathcal{R}$ d'un ensemble produit $E \times E$, où $\mathcal{R}$ est une partition de $\mathcal{B}$. — Notons : *l'application canonique* de $\mathcal{B}$ dans $\mathcal{B}'$ par $[..]$ à $A \subset \mathcal{B}$ correspond univoquement $[A] \subset \mathcal{B}'$ (3); *l'image réciproque complète* de $A' \subset \mathcal{B}'$ par $\langle A' \rangle \subset \mathcal{B}'$; la *$\mathcal{R}$-saturation* de A par $\langle [A] \rangle = \overline{A} \subset \mathcal{B}$; *l'opération déduite de $\mathcal{B}$ par* $A'.B' = [\langle A' \rangle \langle B' \rangle] \subset \mathcal{B}'$ faisant de $\mathcal{B}'$ un *hyper-groupoïde partiel* et de $\mathfrak{P}(\mathcal{B}')$ un *groupoïde* (4). Des propriétés déjà utiles se rattachent à ces notions sans restriction sur $\mathcal{R}$ (5).

Les images homomorphes d'un $\mathcal{B}$ sont nécessairement des systèmes univalents (groupoïdes partiels) et elles sont épuisées par les $\mathcal{B}'$ univalents — à des isomorphismes près (6). L'univalence équivaut à $\alpha, \beta \in \mathcal{B}' \Rightarrow \exists (\gamma \in \mathcal{B}') (\langle \alpha \rangle \langle \beta \rangle \subset \langle \gamma \rangle)$. En général l'opération directe est partielle et (complètement) non associative, les opérations inverses sont multivalentes et chaque élément possède des unités à droite et à gauche et des inverses non univoquement déterminés. Parmi les $\mathcal{B}'$ on peut distinguer entre autres ceux qui sont :

1° des *groupoïdes* : $\langle \alpha \rangle \langle \beta \rangle \neq \emptyset$; chaque élément a des unités bilatères;

2° des *associatifs* ou *demi-groupes partiels* comprenant entre eux les *associatifs simplifiables* et en particulier des $\mathcal{B}$;

3° des *demi-groupes* : une condition *suffisante* est $\alpha, \beta, \gamma \in \mathcal{B}' \Rightarrow \langle \alpha \rangle \langle \beta \rangle \langle \gamma \rangle \neq \emptyset$;

4° des *semi-groupes* (6) : ce cas entraîne l'existence et l'unicité d'un élément neutre ε et des inverses $\alpha^{-1} = [\langle \overset{-1}{\alpha} \rangle]$ bilatères, d'où la

PROPOSITION 1. — *Si un semi-groupe est image homomorphe d'un $\mathcal{B}$, il est un groupe.*

$U = \langle \varepsilon \rangle$ définit une équivalence dans E compatible avec l'opération canonique dans $\mathcal{B}$, parce que $U \supset \Delta$, $U \supset \overset{2}{U}$ et $U = \overset{-1}{U}$. On peut donc se limiter au cas *séparé* $U = \Delta$ (7); les $\langle \alpha \rangle$ seront alors des applications biunivoques entre parties de E.

PROPOSITION 2. — *Chaque groupe est image homomorphe d'un $\mathcal{B} = G \times G$.*

Démonstration. — On considère le *tableau de groupe* dans sa *forme normale*; c'est l'application de $G \times G$ sur G: $(g_1, g_2) \rightarrow g_1 g_2^{-1}$. Les cases du *tableau* remplies par le même élément constituent une classe.

---

(3) Cette définition et les suivantes valent aussi pour les éléments.

(4) $\mathcal{B}'$ est un système *multivalent*, $\mathfrak{P}(\mathcal{B}')$ son *uniformisateur* [*cf.* J. KUNTZMANN, *Contribution à l'étude des systèmes multiformes* (*Ann. Fac. Sc. Toulouse*, 1939, p. 155)]. *Groupoïde* = *groupoïde de Ore* sauf dans la notion *groupoïde de Brandt* [*cf.* P. DUBREIL, *Algèbre*, p. 27, note (1)]. Le problème de la terminologie devient urgent.

(5) *Cf.* ma conférence *Sur l'immersion d'un semi-groupe dans un groupe topologique* [*Colloque international d'Algèbre*, Paris, septembre 1949 (sous presse)].

(6) C'est l'analogue du problème des *groupes homomorphes à un demi-groupe donné* résolu par P. DUBREUIL, *Contribution à la théorie des demi-groupes* (*Mém. Ac. Sci. France*, 63, 1941) p. 1-52 et son *Algèbre*, p. 154.

(7) *Cf.* N. BOURBAKI, *Topologie générale*, Chap. II, p. 86.

PROPOSITION 3. — *Pour qu'un semi-groupe puisse être plongé dans un groupe, il faut et il suffit qu'il soit image homomorphe d'une partie d'un* $\mathcal{B}$ ([8]).

Généralisations. — 1° *Représentation des groupes.* — Outre la représentation d'un groupe G par le $\mathcal{B} = G \times G$ (proposition 2) il y a d'autres représentations fidèles par des $\mathcal{B}$ qui sont des *extraits suffisants* d'un *tableau de groupe normal* dans lequel on a supprimé des lignes et des colonnes correspondantes.

2° *Opérations canoniques de dimension d.* — On peut faire correspondre de manières différentes à certains ensembles de $d+1$ points de E^{d+1}, dits complètement composables, un autre point de E^{d+1}, resp. aux $d+1$ simplexes S^d de dimension d sur l'ensemble des sommets E un autre S^d ([9]). En définissant convenablement une *composabilité partielle* on peut obtenir les *complexes* et l'opération *bord* de la topologie algébrique est une telle opération.

3° *Les divisions en classes* les plus générales d'un ensemble E ont été définies comme des applications univoques de E dans $\mathfrak{P}(E)$. On peut appeler *classification de dimension d* dans E une application univoque du $E^{(d+1)}$ ([10]) des S^d dans $\mathfrak{P}(E)$, et *classification jusqu'à la dimension d* l'ensemble de toutes les *classes des dimensions* $\leqq d$. On obtient ainsi des relations $(h+2)$ — aires $(h \leqq d)$ dans E. Le lien avec la géométrie est évident.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Existence des fonctions d'allure donnée sur une surface de Riemann arbitraire.* Note (*) de M. **LEO SARIO**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. La première question qui se pose dans l'édification de la théorie des fonctions sur une surface de Riemann arbitraire est l'existence des fonctions possédant des singularités données.

Dans le cas où la surface est close, la construction des fonctions se laisse notoirement effectuer par le procédé alterné de Neumann ([1]). Ce procédé est encore utilisable sur les surfaces ouvertes de genre fini, celles-ci étant toujours prolongeables sur des surfaces closes. Pour les surfaces de genre infini cette inclusion n'est plus possible. Pourtant, si la mesure harmonique de la frontière est nulle (le type de la surface est parabolique), le procédé de Neumann peut être encore employé, les fonctions se comportant alors, d'après M. Nevan-

---

([8]) C'est l'équivalent des conditions de MALCEV, *Ueber die Einbettung von assoziativen Systemen in Gruppen* (*Rec. Math. Moscou*, 6, 1939, p. 331).

([9]) Les ensembles $E^{(d)}$ diffèrent suivant que les S^{d-1} sont orientés ou non, ou des ensembles ordonnés (E^d est un $E^{(d)}$). Aux points des *diagonales* de E^d et de ses E^h $(h<d)$ sous-jacents correspondent les simplexes dégénérés resp. les unités de dimensions différentes.

(*) Séance du 28 novembre 1949.

([1]) *Vorlesungen über Riemanns Theorie der Abelschen Integrale*, Leipzig, 1884, p. 452-466.

linna ([2]), comme si la frontière n'existait pas. Si le type de la surface est hyperbolique, il n'en est plus ainsi.

Nous proposerons une méthode par laquelle cette difficulté peut être évitée. Elle nous donne, indépendamment du type ou genre de la surface, l'existence des fonctions possédant, dans le sens du théorème ci-dessous, aussi bien les singularités données dans l'intérieur de la surface qu'une allure arbitraire quand on tend vers sa frontière.

2. Soit F une surface de Riemann quelconque. Sur F soit F_0 un domaine compact ou non compact ([3]) dont l'ensemble des points frontières intérieurs à F est constitué par un nombre fini de courbes simples fermées analytiques. Le complément $G = F - F_0$ se compose alors d'un nombre fini k de domaines G_i ($i = 1, \ldots, k$) disjoints, compacts ou non compacts. Soit α_i la partie commune des frontières de F_0 et G_i.

Dans chaque G_i soit une fonction u_i donnée, s'annulant sur α_i, harmonique uniforme non constante au voisinage de α_i, possédant ailleurs des singularités quelconques et, si G_i est non compact, une allure arbitraire quand on tend vers la partie commune des frontières de F et G_i. Désignons par ds l'élément d'arc de α_i et par $\partial u_i/\partial n$ la dérivée normale de u_i sur la direction intérieure de G_i.

THÉORÈME. — *Si la dérivée moyenne des fonctions* u_i *s'annule,*

$$(1) \qquad \sum_{i=1}^{k} \int_{\alpha_i} \frac{\partial u_i}{\partial n} ds = 0,$$

il existe sur toute la surface F *des fonctions* f *qui jouissent des propriétés données par les* u_i :

1° f *est harmonique uniforme non constante hors des points singuliers des* u_i ;

2° *la différence* $f - u_i$ *est harmonique uniforme bornée dans tout le domaine* G_i *et y possède une intégrale de Dirichlet finie.*

Dans le cas où F_0 *est non compact, l'existence de* f *est toujours garantie, indépendamment de la condition* (1). *Si celle-ci est satisfaite,* f *est bornée dans* F_0 *et y possède une intégrale de Dirichlet finie.*

La démonstration se base sur l'utilisation d'un procédé alterné, appliquée d'une part aux domaines G_i, d'autre part à un domaine F_1 contenant F_0 comme partie intérieure. La possibilité de la construction des fonctions en question dans G_i sera garantie par le lemme I ci-dessous.

3. Sur une surface de Riemann arbitraire F soit G un domaine non compact, l'ensemble α de ses points frontières intérieurs à F étant constitué d'un nombre fini de courbes simples fermées analytiques. Sur α soit donnée une

---

([2]) *Comm. Math. Helv.*, **22**, n° 4, 1949, p. 302-316.

([3]) F_0 est compact si chaque ensemble infini de points de F_0 possède au moins un point d'accumulation intérieur à F.

fonction f harmonique dans un voisinage de α. Soit encore d un nombre réel fini quelconque.

LEMME 1. — *Il existe toujours dans G une fonction u harmonique uniforme coïncidant sur α avec f et possédant la dérivée moyenne*

$$\int_\alpha \frac{\partial u}{\partial n} ds = d. \tag{2}$$

Dans le cas particulier $d = 0$, la fonction u est bornée entre les limites

$$\min_\alpha f \leq u \leq \max_\alpha f \tag{3}$$

et possède une intégrale de Dirichlet finie.

4. La démonstration de la convergence des fonctions dans le procédé alterné utilise le lemme 2 ci-dessous. F étant une surface de Riemann arbitraire et α un ensemble formé de points intérieurs, considérons toutes les fonctions harmoniques uniformes sur F.

LEMME 2. — *Il existe une constante positive $q < 1$ indépendante de u et telle que les oscillations*

$$S(u, F) = \text{borne}\sup_F u - \text{borne}\inf_F u,$$
$$S(u, \alpha) = \max_\alpha u - \min_\alpha u$$

sont liées par l'inégalite

$$S(u, \alpha) \leq q . S(u, F). \tag{4}$$

5. Le théorème ainsi obtenu permet certaines généralisations, relatives notamment à la multiformité des u_i et de f. Il a des applications au problème de la classification des surfaces de Riemann ouvertes et à la question de l'existence des intégrales abéliennes.

TOPOLOGIE. — *Compacité locale des espaces fibrés.*

Note de M. **JEAN-PIERRE SERRE**, présentée par M. Élie Cartan.

Il est connu que toute extension d'un groupe compact par un groupe compact est elle-même compacte. Par contre le résultat analogue pour la compacité locale n'a été démontré pour la première fois qu'en 1948 par Vilenkin [1]. Dans cette Note, je me propose de montrer que ce dernier résultat est un cas particulier d'un résultat valable pour les espaces fibrés, à condition de définir ces derniers de façon moins restrictive qu'on ne le fait d'ordinaire.

1. *Espaces à groupes d'opérateurs.* — *Définition.* — Soit E un espace topologique séparé. On dit que G *opère sur* E (à droite), ou bien que E *est un espace à*

---

[1] *Doklady U. R. S. S.*, 1948, p. 135; *Math. Rev.*, 1948, p. 497.

groupe d'opérateurs G lorsque l'on s'est donné une application continue de $E \times G$ dans E : $(x, s) \to x.s$, telle que $x.(st) = (x.s).t$. Soit R l'ensemble de $E \times E$ formé des éléments de la forme $(x, x.s)$; R est le graphe d'une relation d'équivalence dans E, visiblement ouverte, et que nous noterons encore par R. L'espace quotient $E/R = B$ sera dit la *base* de E; pour que B soit séparé, il faut et il suffit que le graphe R soit fermé, condition que nous supposerons toujours satisfaite. On notera f l'application canonique de E sur B. C'est une application *ouverte*.

Enfin, nous dirons qu'un ensemble U de E est *large d'ordre* C (C étant une partie de G) si pour tout couple (x, x') de points équivalents de U, il existe $s \in C$ avec $x' = x.s$.

Lemme 1. — *Soit* U *un ouvert de* E *large d'ordre* C, C *étant un compact de* G. *Soit* $(x, x') \in R$, *tel que* $x \in U$ *et* $x' \in \overline{U}$. *Alors il existe un* $s \in C$ *avec* $x' = x.s$.

Soit $\mathcal{F}$ un filtre sur U convergent vers x'. Pour tout couple (V, F) où V parcourt le filtre des voisinages de x dans U et F le filtre $\mathcal{F}$, désignons par $\Phi(V, F)$ l'ensemble des $s \in C$ tels que $V.s \cap F \neq \emptyset$. On obtient ainsi une base de filtre sur C; si $s \in C$ est un point adhérent à cette base de filtre, on vérifie immédiatement, en utilisant la continuité de $(x, s) \to x.s$, que $x.s$ est adhérent à $\mathcal{F}$, ce qui entraîne bien $x.s = x'$.

Lemme 2. — *Ajoutons aux hypothèses du lemme* 1 *celles que* B *est compact et que* $f(U) = B$. *Alors* U *est* relativement compact.

Soit $\mathcal{F}$ un filtre sur $\overline{U}$ et b un point adhérent à $f(\mathcal{F})$. Choisissons un $x \in U$ tel que $f(x) = b$; on définit comme précédemment la base de filtre des $\Phi(V, F)$ [pour voir qu'aucun ensemble $\Phi(V, F)$ n'est vide, utiliser le lemme 1]. De même, si s est un point de C adhérent à cette base de filtre, $x.s$ est adhérent à $\mathcal{F}$, ce qui achève la démonstration.

Proposition 1. — *Un espace avec groupe d'opérateurs compact et base compacte est compact.*

On applique le lemme 2 au cas où $U = E$ et $C = G$.

Lemme 3. — *Ajoutons aux hypothèses du lemme* 1 *celle que* B *est localement compact. Alors* U *est* localement compact.

Soit $x \in U$ et soit K un voisinage compact de $f(x)$ contenu dans $f(U)$; l'ensemble $f^{-1}(K) \cap U$ est un voisinage de x dans U, relativement compact dans $f^{-1}(K)$, comme on le voit en appliquant le lemme 2 à ce dernier espace considéré comme espace à groupe d'opérateurs G. Il existe donc un voisinage compact de x contenu dans $f^{-1}(K) \cap U$, ce qui achève la démonstration.

En prenant $G = C$ et $E = U$, l'on obtient :

Proposition 2. — *Un espace avec groupe d'opérateurs compact et base localement compacte est localement compact.*

---

(2) Cette définition m'a été communiquée par MM. N. Bourbaki et H. Cartan.

2. *Espaces fibrés principaux.* — *Définition* (²). — G étant un groupe topologique, on dit que E *est un espace fibré principal de groupe structural* G si E est un espace topologique séparé sur lequel opère G (à droite) de telle façon que l'axiome suivant soit vérifié.

(FP) Le graphe R de la relation d'équivalence définie par G est fermé; pour tout $(x, x') \in R$ il existe un seul élément de G $s = u(x, x')$, tel que $x' = x.s$; de plus u est une application continue de R dans G.

Exemple. — Soit Γ un groupe topologique séparé et G un sous-groupe fermé de Γ. Faisons opérer G à droite sur Γ. L'axiome (FP) étant visiblement satisfait, on obtient un espace fibré principal ayant pour base l'espace homogène Γ/G.

Lemme 4. — *Tout point* $x \in E$ *possède un voisinage ouvert large d'ordre* C, *où* C *est un voisinage quelconque de l'unité dans* C.

Cela résulte immédiatement de la continuité de l'application u au point (x, x).

Théorème. — *Tout espace fibré principal de base et de groupe structural localement compacts est localement compact.*

En effet, soit C un voisinage compact de l'unité dans G et soit $x \in E$. D'après le lemme 4, il existe un ouvert U contenant x et large d'ordre C. Alors U vérifie les hypothèses du lemme 3, donc est localement compact, ce qui achève la démonstration.

Corollaire 1. — *Si l'espace homogène d'un groupe topologique* Γ *par un sous-groupe localement compact est localement compact, le groupe* Γ *est lui-même localement compact.*

Corollaire 2 (théorème de Vilenkin). — *Toute extension d'un groupe localement compact par un groupe localement compact est localement compacte.*

TOPOLOGIE. — *L'anneau de cohomologie d'un espace fibré et les classes caractéristiques.* Note de M. **Guy Hirsch**, présentée par M. Élie Cartan.

1. La considération de la structure multiplicative de l'anneau de cohomologie d'un espace fibré permet de définir des invariants liés aux classes caractéristiques et aux *obstacles* de la théorie des sections dans les espaces fibrés.

2. Soit $\tilde{M}$ un espace fibré en fibres $\check{F}$, M étant l'espace de base (¹). Soient P l'homorphisme induit dans les groupes d'homologie par la projection de $\tilde{M}$ sur M, P' la transposée de P, $\tilde{I}$ l'injection de $\check{F}$ dans $\tilde{M}$. Nous supposerons d'abord, dans cette première Note, que $\tilde{I}$ induit un *isomorphisme* du groupe d'homologie $\check{\mathfrak{H}}$ de $\check{F}$ dans le groupe d'homologie $\tilde{\mathfrak{H}}$ de $\tilde{M}$.

Il existe alors, en vertu de la théorie additive de l'homologie des espaces

(¹) Ces espaces seront supposés localement compacts, des polyèdres par exemple.

fibrés ([2]), un isomorphisme entre $\tilde{\mathfrak{H}}$ et le groupe

$$\overset{*}{\mathfrak{J}}'_0 = \mathfrak{H}' \otimes \mathfrak{H}', \tag{1}$$

où $\mathfrak{H}'$, $\check{\mathfrak{H}}'$ et $\tilde{\mathfrak{H}}'$ sont les groupes de cohomologie de M, $\check{\mathrm{F}}$ et $\tilde{\mathrm{M}}$ ([3]). Un pareil isomorphisme P'_0 pourra être défini de la manière suivante : désignons par $\tilde{U}(\check{z})$ un élément de $\tilde{\mathfrak{H}}'$, extension d'un $\check{z} \in \check{\mathfrak{H}}'$, générateur de l'anneau $\check{\mathfrak{H}}'$. On posera alors

$$P'_0(x \otimes \check{z}) = P'(x) \cup \tilde{U}(\check{z}) \qquad \text{pour} \quad x \in \mathfrak{H}'. \tag{2}$$

3. J'examine ici le cas où $\check{\mathrm{F}}$ a la même structure homologique qu'une sphère à h dimensions, ou, plus généralement, qu'un espace projectif *hypercomplexe* à p dimensions projectives ([4]), c'est-à-dire un anneau de cohomologie engendré par les puissances ([5]) (jusqu'à p inclusivement) d'une classe $\check{z}$ à h dimensions ([6]).

Dans ce cas (1) entraîne que [pour un choix de la classe $\tilde{u} = \tilde{U}(\check{z})$], à chaque classe de cohomologie $\tilde{Z}$ à m dimensions de $\tilde{\mathfrak{H}}'$ correspond dans $\mathfrak{H}'$ [par (2)] un ensemble de X_i à $m - ih$ dimensions ($i = 0, 1, \ldots, p$).

Il résulte aussi de (1) que si dans (2) on remplace $\tilde{u}$ par une autre extension $\tilde{v}$ de $\check{z}$, il existe un $z \in \mathfrak{H}'$ (à h dimensions) tel que

$$\tilde{u} = \tilde{v} + P'(z); \tag{3}$$

et réciproquement, à un z arbitraire correspond une extension $\tilde{v}$ de $\check{z}$.

D'après (1) et (2), la connaissance de l'expression de $\tilde{u}^{p+1}$ en fonction de (1) et (2) déterminera la structure multiplicative de $\tilde{\mathfrak{H}}'$. Soient $x_i \in \mathfrak{H}'$ [de dimension $(p + i - 1)h$] telles que

$$\tilde{u}^{p+1} = \sum_{i=0}^{p} P'(x_i)\,\tilde{u}^i \quad ({}^5) \tag{4}$$

([2]) *Voir* notamment ma Note (*Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1328-1330). Lorsque $\check{\mathrm{F}}$ est une sphère, ces résultats découlent aussi d'un travail de W. Gysin, *Comment. Math. Helvet.*, **14**, 1941, p. 61-122.

([3]) Les coefficients seront réels ou rationnels, ou encore, soit $\mathfrak{H}'$, soit $\check{\mathfrak{H}}'$ sera sans torsion.

([4]) Il suffit d'ailleurs que ces conditions soient remplies pour les dimensions non supérieures à $(p+1)h$; par exemple, si les premiers groupes d'homologie de $\check{\mathrm{F}}$ non nuls sont respectivement de dimension h et h' avec $h' > 2h$, les premiers invariants auront la même expression que si $\check{\mathrm{F}}$ est une sphère à h dimensions.

([5]) Il s'agira ici de puissances et produits entre classes de cohomologie par le produit *cup*; le signe $\smile$ sera sous-entendu; les indices supérieurs seront des exposants.

([6]) Pour $h = 1$ et $p > 1$ (espace projectif réel), certaines classes seront des classes *mod.* 2 (résultat connu dans la théorie des classes caractéristiques). Nous avons supposé ici que les nombres de dimensions sont pairs (cas le plus intéressant).

et y_i les classes correspondantes telles que

$$(5)\qquad \tilde{v}^{p+1} = \sum_{i=0}^{p} P^i(y_i)\,\tilde{v}^i.$$

De (4), (3) et (5) on déduit (C_k^i désignant les coefficients binomiaux)

$$(6)\qquad y_i = \sum_{k=i}^{p} C_k^i x_k z^{k-i} - C_{p+1}^i z^{p+1-i},$$

formules qui indiquent comment se transforment les x_i attachés au choix de l'extension $\tilde{u}$, lorsqu'on passe de $\tilde{u}$ à $\tilde{v}$ par la classe arbitraire z. De (6), on peut déduire les *invariants* suivants :

x_p est une classe à h dimensions, connue à $(p+1)z$ près (z quelconque); il existe p invariants (absolus) de dimensions respectives $2h, \ldots, (p+1)h$; l'invariant de dimension $(k+1)h$ est donné par le polynome

$$(7)\qquad \sum_{j=0}^{k-1} \frac{C_{p-k+j}^j}{(p+1)^j} x_{p-k+j} x_p^j + \frac{k}{k+1}\,\frac{C_p^k}{(p+1)^k} x_p^{k+1}.$$

4. Ces invariants suffisent pour déterminer la structure multiplicative de $\mathfrak{H}'$ [en vertu de (3) et (4)], et réciproquement.

5. On peut considérer $\tilde{u}$ et $\tilde{v}$ comme définissant respectivement des *sections* sur le squelette à h dimensions de M; z peut être considéré comme le *cocycle-différence* de ces sections. x_i et y_i sont alors des classes dépendant du choix d'une section sur le h-squelette. Dans le cas notamment où $p=1$ ($\tilde{F}$ = sphère, par exemple), on aura

$$(6')\qquad y_1 = x_1 - 2z \quad \text{et} \quad y_0 = x_0 + x_1 z - z^2;$$

x_0 est le *second obstacle affaibli* (second obstacle vrai si $h=2$) tel qu'il a été défini par M. H. Hopf (dans une conférence faite au Colloque de Topologie de Strasbourg en avril 1949 (7).

6. Lorsque M est une variété différentiable ou une variété complexe, et $\tilde{M}$ la structure fibrée (avec $\check{F}$ = espace projectif réel ou complexe) qu'on peut lui associer, les x_i sont liés aux classes caractéristiques de Stiefel-Whitney et de Chern.

---

(7) L'équivalence de x_0 et du *deuxième obstacle affaibli* peut s'établir au moyen d'une structure fibrée auxiliaire construite antérieurement par M. Hopf. Les relations analogues à (6') (et l'invariant correspondant) ont été obtenues par M. Hopf dans le cadre de la théorie des sections.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur l'espérance mathématique d'un élément aléatoire dans un espace de Banach.* Note de Mlle **Édith Mourier**, présentée par M. Émile Borel.

1° L'introduction d'une espérance mathématique (e. m.) pour un élément aléatoire (é. a.) variable dans un espace de Banach, (espace-B) équivaut à l'introduction d'une intégrale pour une fonction à valeurs dans un espace-B. On a déjà défini plusieurs telles intégrales, plus ou moins générales, par exemple celle dite de Bochnèr ([1]) et celle dite de Pettis ([2]). La définition de l'e. m. proposée par M. Fréchet ([3]) correspond à un cas particulier de l'intégrale de Bochner. En transposant la définition de l'intégrale de Pettis, qui inclut celle de Bochner, on obtient les définitions et résultats suivants :

Soit X un é. a. variable dans un espace-B, réel ou complexe, $\mathfrak{X}$, soit $\mathfrak{X}^\star$ le dual de $\mathfrak{X}$, $x^\star$ un élément quelconque de $\mathfrak{X}^\star$; la loi de probabilité de X sur $\mathfrak{X}$ est une mesure sur $\mathfrak{X}$, on suppose, dans tout ce qui suit, cette mesure telle que pour tout $x^\star \in \mathfrak{X}^\star$, $x^\star(X)$ est mesurable, alors $x^\star(X)$ est une variable aléatoire (v. a.) numérique pour laquelle $E[x^\star(X)]$ est défini au sens usuel.

Définition : Si $E[x^\star(X)]$ existe pour tout $x^\star \in \mathfrak{X}^\star$ [ce qui implique que $x^\star(X)$ est une v. a. proprement dite] et s'il existe un élément $x \in \mathfrak{X}$ tel que

$$x^\star(x) = E[x^\star(X)] \quad \text{pour tout} \quad x^\star \in \mathfrak{X}^\star$$

par définition X a une e. m. $E(X) = x$.

Propriétés. — *a.* L'e. m. E(X), si elle existe, est unique et indépendante de la norme choisie pourvu que, $\|x\|_1$ et $\|x\|_2$ étant deux normes possibles, il existe deux nombres a et b tels que

$$0 < a < \frac{\|x\|_1}{\|x\|_2} < b.$$

b. Si a est un nombre, réel ou complexe, certain, si E[X] existe, $E[aX]$ existe et $E[aX] = aE(X)$.

c. Si X est p. s. égal à un élément certain $x \in \mathfrak{X}$, E(X) existe et $E(X) = x$.

d. Si $X = x$ p. s. et si A est une v. a. numérique telle que E(A) existe, E(AX) existe et $E(AX) = E(A)x$.

e. Si X et Y sont deux é. a. dans $\mathfrak{X}$, si E(X) et E(Y) existent, $E(X+Y)$ existe et $E(X+Y) = E(X) + E(Y)$.

f. Soit U une opération linéaire continue définie sur $\mathfrak{X}$ dont le contre-domaine est dans un espace B $\mathfrak{X}_1$, quelconque, si E(X) existe, $E[U(X)]$ existe et $E[U(X)] = U[E(X)]$.

([1]) *Fund. Math.*, **20**, 1933.
([2]) *Trans. Amer. Math. Soc.*, **44**, 1938, p. 277-304.
([3]) *Rev. Scient.*, 1944.

g. Si $\|X\|$ est mesurable, si $E[\|X\|] < +\infty$ et si $E(X)$ existe, on a

$$\|E(X)\| \leqq E[\|X\|].$$

THÉORÈME 1. — *Si $\mathfrak{X}$ est séparable toute fonction numérique continue (au sens de la convergence forte), et en particulier $\|X\|$, est mesurable.*

THÉORÈME 2. — *Si $\mathfrak{X}$ est séparable et réflexif et si* $E[\|X\|] < +\infty$, $E(X)$ *existe.*

2°. On dira que X est un e. a. proprement dit s'il existe une suite d'ensembles bornés $e_1, \ldots, e_n, \ldots$, tels que :

a. $e_n \subset \mathfrak{X}$;

b. e_n est mesurable;

c. $\lim\limits_{n \to +\infty} \text{mes.}\,(e_n) = 1$.

Si $\|X\|$ est mesurable et si $E[\|X\|] < +\infty$ X est un e. a. proprement dit. Si X est un e. a. proprement dit, $x^\star(X)$ est une v. a. proprement dite pour tout $x^\star \in \mathfrak{X}^\star$. Dans ce qui suit X est supposé proprement dit.

Définition. — On appelle *caractéristique* de X la fonction numérique (en général complexe) $\varphi(x^\star)$ de la variable $x^\star$ définie pour tout $x^\star \in \mathfrak{X}^\star$ par la formule : $\varphi(x^\star) = E[e^{ix^\star(X)}]$, $\varphi(x^\star)$ est fonction continue de $x^\star$, uniformément sur tout $\mathfrak{X}^\star$. Si X et Y sont deux e. a. proprement dits dans le même espace B et *indépendants* la caractéristique de $X + Y$ est le produit de la caractéristique de X par celle de Y.

3°. Soit $\mathfrak{X}$ *séparable* et $X_1, \ldots, X_n, \ldots$ une suite indéfinie d'e. a. dans $\mathfrak{X}$, mutuellement indépendants, et de même loi de probabilité telle que $E[\|X\|] < +\infty$ et $E(X) = \theta$ (¹), il est presque sûr que $Y_n = (X_1 + \ldots + X_n)/n$ tend faiblement vers θ.

ASTROPHYSIQUE. — *Le spectre de χ Cygni.*

Note de M. **Tcheng Mao-Lin**, présentée par M. André Danjon.

J'ai observé le spectre de la variable à longue période χ Cygni, du 5 au 13 juillet 1948, quelques jours avant la date prévue pour un maximum d'éclat. Dans la région 4000-6700 Å, j'ai utilisé les spectrographes à 1 prisme et à 4 prismes de flint montés sur le télescope de 120^{cm} d'ouverture de l'Observatoire de Haute-Provence, et, dans la région 3680-4350 Å, le spectrographe à 4 prismes d'uviol monté sur le télescope de 80^{cm}.

Le spectre est d'abord caractérisé par la présence de nombreuses bandes moléculaires, surtout dans la région des longueurs d'onde supérieures à 4500 Å. Les plus fortes sont, bien entendu, celles de TiO, au nombre d'une vingtaine entre 4400 et 6700 Å. Les têtes de bandes de ZrO, également dégradées vers le rouge, sont encore plus nombreuses, mais moins intenses dans l'ensemble.

(¹) θ désigne l'élément zéro de $\mathfrak{X}$.

Les trois systèmes *bleu*, *jaune* et *rouge* sont bien représentés; les deux plus fortes bandes correspondent aux transitions (0,0) du système rouge (6474 Å), et du système jaune (5552 Å). On identifie encore sans difficulté une dizaine de bandes appartenant aux systèmes *orange* et *bleu vert* de la molécule YO. Les plus caractéristiques sont, pour le système orange, les branches Q(0,0) 6132 Å et Q(0,0) 5972 Å, pour le système bleu vert, la branche (0,0) 4817 Å. Enfin, malgré des superpositions gênantes, il semble que soit aussi présent le système *orange* de ScO.

Le grand nombre et l'intensité des bandes moléculaires rend assez difficile l'identification des raies d'absorption atomiques, celles-ci sont cependant fort nombreuses. Les plus fortes appartiennent à CaI, CaII, FeI, NaI, CrI et SrII. On caractérise aussi MnI, AlI, TiI, KI, BaII, SrI, VI, ScI, MgI, YI, YII, ZrI. Enfin, la présence de EuI, EuII, MoI, GaI, LaII, RuI est assez probable. On reconnaît enfin en émission toutes les raies de l'hydrogène, de H_α à H_{20}, sauf H_ε, que la forte raie d'absorption H de CaII fait complètement disparaître. L'intensité décroît assez régulièrement de H_α à H_9. Ensuite H_{11} est plus intense que H_{10}, qui est partiellement absorbée par la raie intense 3799,6 Å de FeI. De H_{12} à H_{20} la distribution irrégulière des intensités s'explique par l'absorption exercée, soit d'un côté de la raie, soit des deux côtés à la fois, par de fortes raies métalliques voisines. En dehors des raies de Balmer, seule la raie SiI 3905 Å apparaît en émission, avec une assez grande intensité.

Dans son ensemble, ce spectre diffère profondément de ceux qu'a photographiés Merrill [1] après les maxima d'éclat de 1944 et 1945. Après le maximum, Merrill a constaté la présence en émission des raies de HI, FeI, CaI, NiI, MgI, SiI, MnI, InI, FeII et TiII. Le nombre des raies de FeI augmentait progressivement de 30 à 100 environ le long de la branche descendante de la courbe de lumière. Beaucoup de ces raies figurent *en absorption* sur mes spectres de pré-maximum.

Par contre, le spectre d'absorption, dans son ensemble, est bien plus développé sur mes clichés. Parmi les bandes moléculaires, Merrill signalait seulement la présence de TiO. La seule bande de ZrO qu'il ait signalée précédemment dans cette étoile était la bande (0,0) du système bleu (4619 Å). Les bandes de YO et celles de ScO paraissent n'avoir jamais été observées dans le spectre de χ Cygni. Les plus caractéristiques pour ces deux molécules ont été trouvées dans le spectre de o Ceti [2] et la bande 4817 Å de YO a été signalée par Merrill [3] dans R Andromedæ.

La présence simultanée des bandes de TiO et de ZrO, ces dernières avec

(1) *Astrophysical Journal*, **106**, 1947, p. 274.
(2) *Astrophysical Journal*, **73**, 1931, p. 216.
(3) *Astrophysical Journal*, **107**, 1948, p. 303.

une intensité très notable, rend le spectre de χ Cygni intermédiaire entre ceux des classes M et S. Mais ce spectre paraît très variable, et il serait fort utile de pouvoir suivre, le plus longtemps possible, son évolution de part et d'autre du maximum d'éclat.

THERMOCINÉTIQUE. — *Le paradoxe des forgerons.*
Note (*) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les forgerons prétendent que si, portant à la main une barre de fer dont l'autre extrémité vient d'être portée au rouge, ils *plongent* cette dernière dans l'eau froide, ils éprouvent dans la main une *vive* sensation de chaleur. *A priori* il s'agit là d'une *illusion* : la manipulation a donné à la chaleur de l'extrémité rouge le temps de parvenir à l'autre extrémité (les ordres de grandeur concordent), sans que l'eau y fût pour rien, et le forgeron est trompé dans l'interprétation de ses sensations par cette explication, que le physicien sait absurde, mais qui lui paraît, à lui, lumineuse, que *l'eau froide refoule la chaleur.*

On hésite à déclarer évidente l'impossibilité d'une telle accélération momentanée du mouvement de la chaleur, si improbable soit-elle, vers l'extrémité froide. L'*expérience* paraît, d'autre part, *peu* apte à mettre en évidence un effet, nécessairement petit. La *théorie* complète étant fort pénible, on peut songer à l'aborder par la considération, due à Fourier, du terme *fondamental* de la solution, ce qui revient à étudier la constante de temps fondamentale du cheminement de la chaleur le long de la barre. L'immersion dans l'eau change en effet l'une des *conditions aux limites :* au lieu que l'extrémité chaude soit isolée on lui impose une température basse prise pour zéro ; la *constante de temps fondamentale* en est changée. Si elle est diminuée on peut penser que, le phénomène devenant plus rapide, le réchauffement momentané de l'extrémité froide serait plus prompt, donc plus important, d'où une plus grande sensation de chaleur pour celui qui la tient. Comparons les résultats de ce raisonnement simpliste et d'une étude théorique correcte, mais stylisée.

Négligeons la déperdition latérale. La barre devient alors un mur de longueur l, initialement chaud sur une longueur ml, froid de ml à l. Considérons, dans un premier problème, que le contact de la main *impose la température* zéro à l'extrémité $x=l$.

En l'absence d'immersion, la fonction de coordonnées de la solution simple est $\cos(2k+1)\pi x/2l$, les constantes de temps, $4c\rho l^2/(2k+1)^2\lambda\pi^2$, la fondamentale étant $4c\rho l^2/\lambda\pi^2$. Dans le cas de l'immersion, on a respectivement $\sin k\pi x$ et $c\rho l^2/k^2\lambda\pi^2$, la constante de temps fondamentale étant 4 fois plus petite qu'avant. Le raisonnement simpliste à la Fourier ferait donc espérer la réalité de l'effet supposé. Or, la densité de flux de chaleur est donnée, à

(*) Séance du 5 décembre 1949.

l'extrémité froide, dans les deux cas, respectivement par

$$(1)\quad \varphi = -\lambda\left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)_l = 2V_0\frac{\lambda}{l}\left[\sin\frac{\pi m}{2}e^{-\frac{\lambda\pi^2 t}{4c\rho l^2}} - \sin\frac{3\pi m}{2}e^{-9\frac{\lambda\pi^2 t}{4c\rho l^2}} + \sin\frac{5\pi m}{2}e^{-25\frac{\lambda\pi^2 t}{4c\rho l^2}} - \ldots\right],$$

$$(2)\quad \varphi = -\lambda\left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)_l = 2V_0\frac{\lambda}{l}\Big[(1-\cos\pi m)e^{-\frac{\lambda\pi^2 t}{c\rho l^2}} - (1-\cos 2\pi m)e^{-4\frac{\lambda\pi^2 t}{c\rho l^2}} + (1-\cos 3\pi m)e^{-9\frac{\lambda\pi^2 t}{c\rho l^2}} - \ldots\Big].$$

Si l'on admet, au contraire, que l'extrémité froide tenue à la main reste pratiquement *isolée*, ce qui est un peu moins éloigné de la réalité, la fonction de coordonnées est $\cos k\pi x/l$ en l'absence d'immersion, $\sin(2k+1)\pi x/l$ dans le cas de l'immersion. La constante de temps fondamentale est, cette fois, $c\rho l^2/\lambda\pi^2$ sans immersion, et 4 fois plus grande avec immersion : les conclusions sont donc *opposées*. Or, la température prise au cours du temps par l'extrémité froide est donnée dans les deux cas, respectivement par

$$(1\,bis)\quad \frac{\pi}{2}V_l = \frac{\pi m}{2}V_0 - V_0\left[\sin\pi m.e^{-\frac{\lambda\pi^2 t}{c\rho l^2}} - \frac{1}{2}\sin 2\pi m.e^{-4\frac{\lambda\pi^2 t}{c\rho l^2}} + \frac{1}{3}\sin 3\pi m.e^{-9\frac{\lambda\pi^2 t}{c\rho l^2}} - \ldots\right],$$

$$(2\,bis)\quad \frac{\pi}{2}V_l = 2V_0\left[\left(1-\cos\frac{\pi m}{2}\right)e^{-\frac{\lambda\pi^2 t}{4c\rho l^2}} - \frac{1}{3}\left(1-\cos\frac{3\pi m}{2}\right)e^{-9\frac{\lambda\pi^2 t}{4c\rho l^2}} + \frac{1}{5}\left(1-\cos\frac{5\pi m}{2}\right)e^{-25\frac{\lambda\pi^2 t}{4c\rho l^2}} - \ldots\right].$$

Ces quatre formules se calculent aisément en posant $e^{-(\lambda\pi^2 t/4c\rho l^2)} = 10^{-\tau}$. Nous avons fait les calculs dans le cas de $m = 0,5$, et trouvé les résultats ci-dessous :

	(1).	(2).		(1 *bis*).	(2 *bis*).
$\tau = 0$	0,00000	0,00000	$\tau = 0$	0,00000	0,00000
$\tau = 0,01$	0,00720	0,00720	$\tau = 0,02$	0,01518	0,01518
$\tau = 0,02$	0,14521	0,14506	$\tau = 0,04$	0,10565	0,10488
$\tau = 0,03$	0,36168	0,36088	$\tau = 0,06$	0,21227	0,20308

Pour les grandes valeurs de τ, les expressions (1) et (1 *bis*) l'emportent avec évidence, respectivement, sur (2) et (2 *bis*).

Nous trouvons toujours l'échauffement *moindre* quand on a immergé la partie chauffée au rouge, *quoi qu*'il en puisse être de la constante de temps fondamentale. Pour les valeurs modérées du temps, l'immersion est pratiquement *indifférente;* cela correspond au fait qu'une intervention ne fait sentir son effet, à une certaine distance, que *longtemps après*, et c'est là, à vrai dire, l'*origine* de l'illusion des forgerons : ils éprouvent, à l'extrémité libre, avec un certain retard, l'effet du *chauffage* au rouge, mais ils ne peuvent sentir *déjà* l'effet de l'immersion.

Et nous confirmons une fois encore l'*insuffisance* de la stylisation de Fourier d'un phénomène thermocinétique en son terme fondamental, dès lorsqu'il ne s'agit plus d'un phénomène très simple observé au bout d'un temps notable.

PYROTECHNIE. — *Mesure de la température des produits de la combustion des poudres pendant le tir à la bombe manométrique.* Note de M. **Edmond Lœuille**, présentée par M. Gustave Ribaud.

1. La bombe est du type Vieille de 150^{cm^3} à 3 tubulures disposées en T : la tubulure latérale sert à la mise de feu, une des tubulures axiales permet la mesure par quartz piézométrique, l'autre, par une fenêtre en verre suffisamment résistante dont elle est munie, laisse passer la lumière.

La mesure optique de la température qui règne dans la bombe est basée sur l'emploi de la méthode dite des *deux couleurs* qui fournit, en fait, la température *de couleur* de la source.

La lumière émise, soit par la poudre en combustion, soit par les produits de la combustion est focalisée sur la fente d'un spectrographe B_{11} de Huet ouvert à F/4 où le châssis a été remplacé par un tambour tournant d'un développement de 44^{cm} placé tangentiellement au plan focal de l'appareil. La vitesse d'entraînement est de $0^{m},60$ par seconde (ou un multiple de cette vitesse).

Nous utilisons l'émulsion photographique Super XX de Kodak-Pathé en film de 120^{mm} de largeur, sensible jusque 6600 Å environ et développé au D. 76.

L'étalonnage de l'émulsion se fait au moyen :

1° d'une lampe à ruban de tungstène donnant une température de brillance de 2500° K à $\lambda = 0,665\ \mu m$;

2° d'un filtre à 9 échelons monté sur une glissière se déplaçant très près de la fente du spectrographe.

Le ruban de la lampe, disposé exactement dans le plan qui sera occupé par la face intérieure de la fenêtre de la bombe, est focalisé sur la fente dans les conditions d'optique utilisées lors du tir. Le tambour tourne exactement à la même vitesse pour l'étalonnage et pour le tir correspondant.

Il nous est aujourd'hui possible, grâce à des agencements particuliers, d'enregistrer sur une même bande de film, montée sur le tambour tournant, le spectrogramme du tir encadré de deux étalonnages de l'émulsion placée aux deux extrémités de la bande.

2. Une étude préliminaire avec un autre dispositif, comprenant également un tambour tournant, avait permis de rendre très précis l'instant de la mise de feu, et de supprimer les retards d'inflammation des poudres, même dans le cas où celles-ci sont à très basse température de combustion.

Nous avions en outre réalisé sur ce dispositif l'enregistrement simultané :

1° de la fermeture et de l'ouverture du courant de mise de feu;

2° de la pression par inscription optique des écrasements d'un crusher;

3° de la lueur totale émanant d'un point très précis de la bombe;

4° de la lueur totale émanant de toute la bombe;

5° d'une base de temps.

Les diagrammes ainsi obtenus ont permis de préciser les instants et les retards d'allumage des diverses parties du chargement de la bombe à quelques millièmes de seconde près.

Ils ont montré notamment :

a. que le maximum d'énergie lumineuse est émis pendant la combustion de l'amorce secondaire (2g de la poudre à essayer très divisée) faisant relais entre l'amorce primaire et la poudre à essayer (par exemple 15g en brins) alors que la pression est encore inférieure à 100 kg/cm²;

b. qu'il est nécessaire d'utiliser une amorce primaire composite contenant 50 à 100mg de poudre noire, au contact du fil de mise de feu et 500mg de la poudre à essayer râpée;

c. qu'au moment de la pression maximum on constate quelquefois un léger accroissement de l'émission lumineuse.

3. Cette étude préalable a facilité l'interprétation des spectrogrammes de la combustion. Ceux-ci montrent que la combustion se déroule en deux phases très distinctes : la première, pendant laquelle les raies atomiques Na ou moléculaires (CaO) sont en émission, se termine par un spectre à front net. La deuxième, si la densité de chargement est suffisante, montre ces mêmes raies en absorption; le spectrogramme est haché dans le sens du temps.

Le dépouillement du spectrogramme comprenant les trois enregistrements (deux étalonnages et le tir) est effectué au moyen d'un microphotomètre enregistreur Kipp dont le porte-plaque a été agencé spécialement pour cette étude. On enregistre la variation de transparence du film sur deux ou plusieurs longueurs d'onde choisies à l'avance. Une étude du traitement de la pellicule a permis d'obtenir une constance satisfaisante du voile de fond des clichés.

A un instant donné de la combustion, le rapport des brillances aux deux longueurs d'onde λ_1, λ_2 pour les produits de la combustion se déduit de celui de la lampe à ruban de tungstène et du rapport des intensités lumineuses I_{λ_1} et I_{λ_2} qui sont obtenues elles-mêmes à partir des transparences mesurées et des courbes d'étalonnage de l'émulsion.

Des tables ont été dressées pour différents couples de longueurs d'onde et des graphiques ont été établis permettant de passer directement de I_{λ_1}, I_{λ_2} à T.

Nous avons constaté que la température ainsi mesurée est variable dans la première phase et plus élevée que la température de combustion calculée en supposant la combustion régie par l'équilibre du gaz à l'eau. Dans la seconde phase, la température a été trouvée sensiblement constante, malgré les fortes variations de l'énergie lumineuse pendant la plus grande partie du développement de la pression et de l'ordre de 90 % de la température calculée. Cette température paraît bien être d'accord avec la pression maximum que l'on mesure dans la bombe.

Dès que la pression atteint 100 kg/cm² les gaz refroidis par les parois créent une couche renversante et substituent leur rayonnement à celui de la poudre, si l'épaisseur de ces gaz est suffisante. C'est leur température que l'on mesure dans la deuxième phase.

MAGNÉTISME. — *Les variations d'aimantation par choc.*
Note de M. **Louis Lliboutry**, présentée par M. Aimé Cotton.

Il est naturel d'admettre que les variations d'aimantation liées aux chocs s'expliquent par les tensions provoquées par ces chocs, mais cela n'a jamais été vérifié quantitativement. J'ai entrepris cette vérification pour des chocs effectués en présence d'un champ faible constant H : il y a accord entre les expériences quasi statiques et les expériences de choc, si l'on tient compte du champ démagnétisant et des courants induits.

J'ai étudié le choc en bout de deux barreaux cylindriques identiques en acier, de 90^{cm} de longueur et de 3^{cm} de diamètre. Avec une vitesse d'impact de 25 cm/sec, la valeur maxima dans le temps $\bar{\sigma}_m$ de la pression moyenne $\bar{\sigma}$ dans toute la longueur du barreau, calculée à partir de la théorie de Sears [1], était de 0,355 kg/mm². Le champ coercitif de l'acier des barreaux était de 5,3 gauss, la susceptibilité initiale χ de 7,7 et la constante de Rayleigh R (coefficient de H^2 dans la loi de première aimantation) de 5,3. Un joug de fer doux rendait très faible le champ démagnétisant et négligeable l'interaction magnétique des barreaux.

D'après W. F. Brown [2], l'effet magnétique d'une tension statique σ se calcule dans le domaine des champs faibles en partageant les parois de Bloch en trois catégories A, B, C, correspondant à des constantes de Rayleigh R_A, R_B, R_C ($R_A + R_B + R_C = R$), sur lesquelles la tension agirait respectivement comme des champs W, O, — W, avec $W = 0,844\,\lambda_{100}\,\sigma/J_s$. Par raison de symétrie $R_A = R_C$. J'ai trouvé que cette théorie représentait convenablement les expériences pour des compressions statiques très faibles, à condition de prendre $R_A + R_C = R_{90} = 0,38\,R$, tandis que Brown admettait 0,5 R (l'échantillon ayant été désaimanté dans un champ alternatif décroissant). Nous la prendrons donc comme point de départ du calcul de l'effet de choc.

Le choc étant très court, il faut tenir compte des courants induits, mais le calcul classique, valable pour des phénomènes réversibles, est inapplicable ici. Il faut raisonner comme suit, en décomposant le phénomène en trois parties :

1° Il s'établit, en un temps de l'ordre de 1/10 000 de seconde, une tension moyenne $\bar{\sigma}_m$ équivalente à un champ — W, O ou + W suivant le type de

---

(1) *Trans. Cambridge Phil. Soc.*, 21, 1912, p. 49. Cette théorie a été l'objet de vérifications quantitatives par Fanning et Basset, *J. appl. mech.*, 7 1940 p. 24.

(2) W. F. Brown, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 147.

paroi considéré. Simultanément apparaît dans tout l'échantillon un champ $-h$ dû aux courants induits qui compense à l'instant initial la variation du flux d'induction produite par la tension

$$-h + 4\pi\,\Delta J_1 = 0. \tag{1}$$

2° La tension disparaît très rapidement, après des oscillations sensiblement sans action, d'après le calcul, sur l'aimantation résultante;

3° Le champ $-h$ s'atténue exponentiellement (avec une constante de temps de 1/16 de seconde dans le cas choisi).

Les variations corrélatives de l'aimantation sont :

$$\Delta J_1 = -\chi h + R_{90}\left(HW - Hh + \frac{W^2 + h^2}{4} - \frac{3Wh}{2}\right) - R_B\frac{h^2}{2},$$
$$\Delta J_2 = 0,$$
$$\Delta J_3 = \chi h + R_{90}\frac{Wh}{2} + R\frac{h^2}{2}.$$

Lors d'une compression quasi statique la variation d'aimantation est

$$\Delta J_0 = R_{90}\left(HW + \frac{W^2}{4}\right).$$

Lors d'un choc elle vaut $\Delta J_1 + \Delta J_2 + \Delta J_3 = \Delta J$, soit, compte tenu de (1) et du fait que les termes en h^2 sont négligeables,

$$\frac{\Delta J}{\Delta J_0} = 1 - \frac{R_{90}(H+W)}{\frac{1}{4\pi} + \chi + R_{90}\left(H + \frac{3}{2}W\right)}.$$

Pour une vitesse d'impact de 25 cm/sec ($W = 0{,}278$ gauss) dans différents champs constants H, j'ai finalement obtenu les résultats suivants, après correction du champ démagnétisant :

H (gauss)	0,17	0,45	0,91	1,40
J_0	0,212	0,50	0,96	1,43
h (gauss)	0,024	0,053	0,092	0,125
$\frac{\Delta J}{\Delta J_0}$ calculé	0,90	0,85	0,77	0,71
$\frac{\Delta J}{\Delta J_0}$ observé	0,90	0,81	0,69	0,63

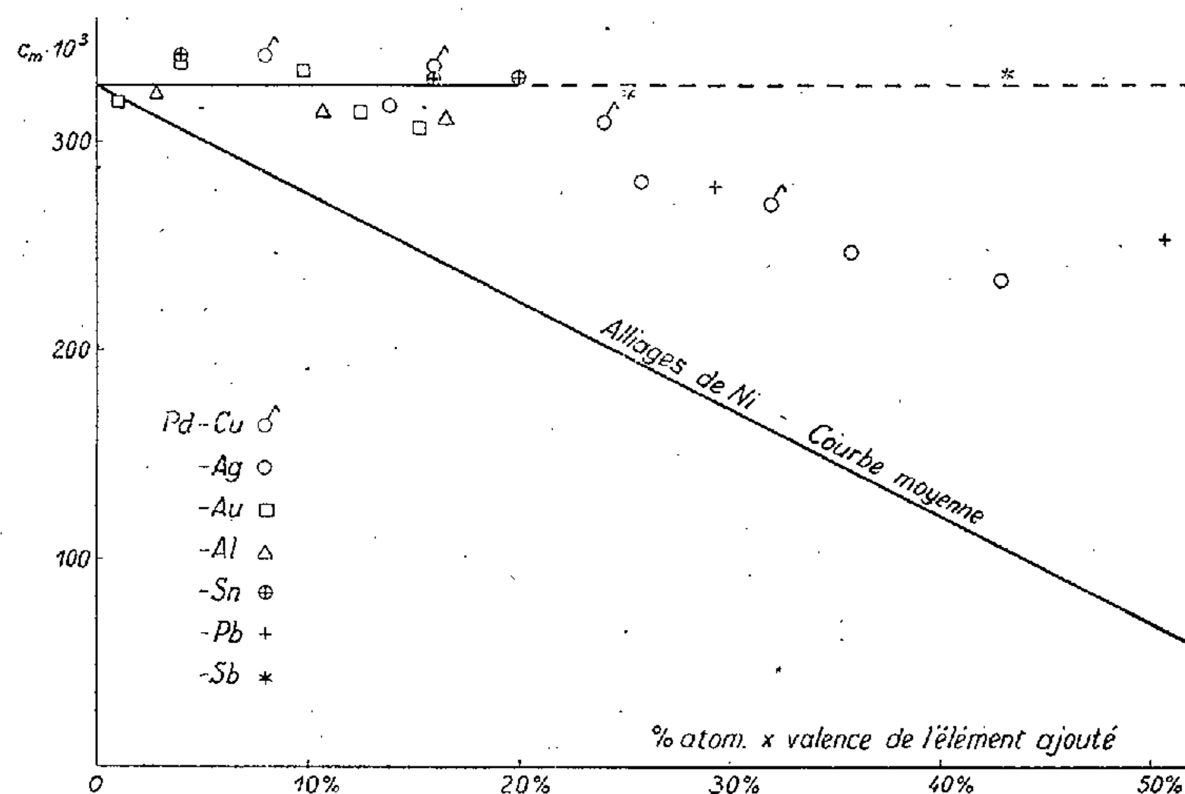
Dans les champs faibles devant le champ coercitif l'accord est donc très bon.

Ces résultats montrent la possibilité de mesurer facilement l'intensité maxima des efforts subis par un corps ferromagnétique d'après la variation corrélative d'aimantation. Ce procédé, déjà en usage pour des pressions quasi statiques (par exemple au fond d'un puits de pétrole), peut être étendu au cas des chocs et des vibrations. Il pourra remplacer avantageusement les extensomètres à résistance dans les cas où il s'agit de mesurer des efforts différents dans l'âme

et à la surface de la pièce (par exemple efforts dans un câble d'aluminium armé), ou de mesurer l'effort maximum subi par un organe métallique, une charpente, un ouvrage d'art pendant une longue période d'utilisation. Il sera alors préférable d'étudier les variations de l'aimantation rémanente, qui obéissent à des lois analogues.

MAGNÉTISME. — *Propriétés magnétiques d'alliages à base de palladium.* Note de M. **Jules Wucher**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le paramagnétisme des alliages à base de nickel a fait l'objet d'études tant expérimentales que théoriques (1) (2). Les constantes de Curie varient linéairement avec la concentration électronique et la pente moyenne est de — 0,513 par électron ajouté. Le palladium possède la même configuration électronique extérieure et la même constante de Curie atomique que le nickel. On pouvait donc s'attendre à retrouver des variations analogues à celles observées dans les cas du nickel.



Des métaux très purs, de différentes valences, Cu, Ag, Au, Al, Sn, Pb et Sb, ont été fondus au four H. F. avec du palladium physiquement pur. Le cuivre, l'argent et l'or forment une suite ininterrompue de solutions solides, le plomb et l'antimoine jusqu'à 14 et 13 % atomique respectivement. Tous les alliages ont été recuits pendant des temps variant de 12 à 48 heures à des températures supérieures à celles qui sont atteintes dans les mesures. Dans tous les cas la susceptibilité est dépourvue d'hystérèse.

---

(1) C. Manders, *Ann. de Physique*, 5, 1936, p. 167.
(2) L. Néel, *Ann. de Physique*, 5, 1936, p. 232.

Dans le tableau ci-après sont rassemblés les résultats expérimentaux. Pour les divers alliages quel que soit le métal et quelle que soit la concentration électronique, tant qu'elle ne dépasse pas 20 %, on obtient des droites pratiquement parallèles définissant des points de Curie négatifs d'autant plus éloignés que la concentration est plus grande.

Élément ajouté.	% (atom.).	% (électr.).	C_m.	μ_W.	$-\theta_p$.	Intervalle de la droite (°C).
Cu	8,0	8,0	0,3406	8,19	519	20 à 890
	16,0	16,0	0,3363	8,14	753	20 à 510
	24,0	24,0	0,3092	7,80	965	200 à 590
	32,0	32,0	0,2700	7,29	1130	20 à 520
Ag	13,9	13,9	0,3170	7,90	446	260 à 560
	25,8	25,8	0,2813	7,44	674	200 à 610
	35,8	35,8	0,2471	6,98	965	210 à 460
	42,9	42,9	0,2340	6,78	1454	20 à 500
Au	1,0	1,0	0,3188	7,92	234	250 à 570
	4,0	4,0	0,3393	8,17	350	180 à 590
	9,8	9,8	0,3339	8,10	484	170 à 500
	12,5	12,5	0,3140	7,86	413	210 à 490
	15,3	15,3	0,3062	7,77	469	260 à 490
Al	0,95	2,85	0,3234	7,98	273	140 à 440
	3,56	10,68	0,3142	7,87	405	270 à 500
	5,5	16,5	0,3110	7,83	484	170 à 520
Sn	1,0	4,0	0,3410	8,19	286	130 à 460
	4,0	16,0	0,3302	8,06	485	250 à 500
	5,0	20,0	0,3307	8,07	630	250 à 480
Pb	7,34	29,36	0,2782	7,40	726	230 à 610
	12,68	50,7	0,2532	7,06	1604	20 à 345
Sb	5,04	25,2	0,3227	7,97	749	150 à 610
	8,64	43,2	0,3332	8,10	1504	180 à 424
Pd pur.	–	–	0,3272	8,03	226,7	200 à 650

Les moments exprimés en magnétons de Weiss se rapportent au palladium seul, après correction de son diamagnétisme propre et du diamagnétisme de l'élément ajouté. Les constantes de Curie ont été portées en fonction du pourcentage atomique multiplié par la valence de l'élément ajouté (*fig.* 1).

A titre de comparaison on a tracé dans la même figure la courbe moyenne des résultats obtenus pour les alliages à base de nickel. Jusqu'à la concentration électronique de 20 %, l'atome de palladium reste indifférent au nombre des électrons introduits par l'élément ajouté et garde dans les alliages la même configuration électronique extérieure qu'à l'état pur. La variation des points de Curie sera discutée dans une Note ultérieure.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur la théorie de la lentille électrostatique indépendante à trois diaphragmes*. Note (*) de M. **Édouard Regenstreif**, présentée par M. Louis de Broglie.

Pour une électrode plane, mince et percée d'un trou circulaire de diamètre $2R$, le potentiel sur l'axe du trou est donné par

$$\Phi(z) = \varnothing(0, z) = a + bz + cz \operatorname{arctg} \frac{z}{R}. \tag{1}$$

a, b et c étant déterminés par l'état électrique du système.

Considérons une lentille électrostatique indépendante et symétrique, formée de trois électrodes planes, minces, parallèles et percées de trous circulaires coaxiaux. Soit $2R_1$ le diamètre du trou intérieur, $2R_2$ celui des trous extérieurs, z_0 la distance entre électrodes, V_1 le potentiel appliqué à l'électrode intérieure, V_2 celui des électrodes extérieures.

Nous représenterons le potentiel sur l'axe de la lentille par une association linéaire des potentiels produits par chaque électrode supposée isolée. On obtient

$$\Phi(z) = A + Bz + Cz \operatorname{arctg} \frac{z}{R_1} + D(z - z_0) \operatorname{arctg} \frac{z - z_0}{R_2} + E(z + z_0) \operatorname{arctg} \frac{z + z_0}{R_2} \tag{2}$$

La symétrie impose $B = 0$, $D = E$; d'autre part $\Phi(z)$ doit rester constant à l'infini, d'où $C + 2D = 0$.

L'expression (2) ne comporte donc que deux constantes arbitraires que nous appellerons α et β.

$$\Phi(z) = \alpha + \beta \left[(z + z_0) \operatorname{arctg} \frac{z + z_0}{R_2} + (z - z_0) \operatorname{arctg} \frac{z - z_0}{R_2} - 2z \operatorname{arctg} \frac{z}{R_1} \right]. \tag{3}$$

On détermine α et β par continuité en faisant tendre les rayons des trous vers des valeurs très faibles; les potentiels au centre des électrodes doivent alors prendre les valeurs V_1 et V_2. On obtient ainsi

$$\beta = -\frac{V_2 - V_1}{2R_1 + 2z_0 \operatorname{arc\,tg} \frac{z_0}{R_1} + R_2 + 2z_0 \operatorname{arc\,tg} \frac{z_0}{R_2} - 2z_0 \operatorname{arc\,tg} \frac{2z_0}{R_2}}, \tag{4}$$

$$\alpha = V_1 - 2\beta \left(R_1 + z_0 \operatorname{arc\,tg} \frac{z_0}{R_2} \right). \tag{5}$$

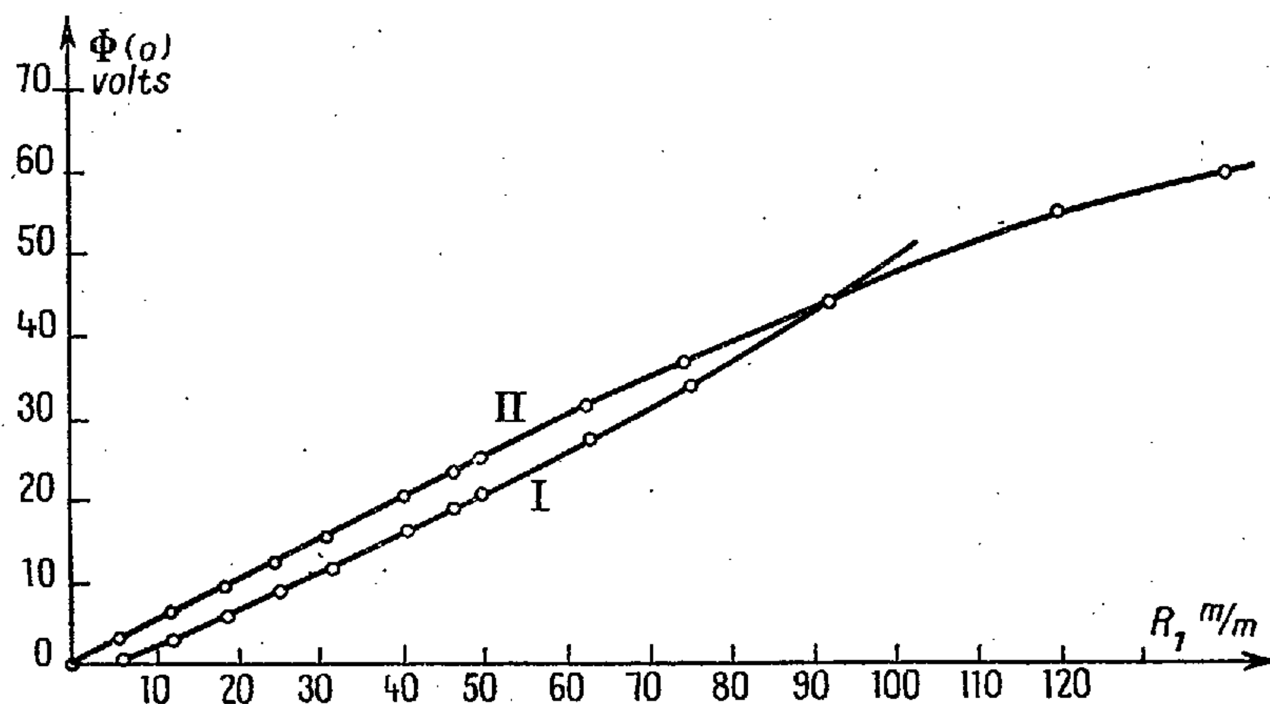
Pour z_0/R_2 de l'ordre de 3 ou supérieur, la valeur de β se réduit sensiblement à

$$\beta = -\frac{V_2 - V_1}{2R_1 + 2z_0 \operatorname{arc\,tg} \frac{z_0}{R_1}}. \tag{6}$$

(*) Séance du 28 novembre 1949.

Les relations ainsi obtenues sont en bon accord avec les résultats expérimentaux.

1° Elles représentent avec une exactitude satisfaisante les mesures de H. Bruck (¹) à la cuve électrolytique, surtout dans la partie centrale de la lentille, la plus importante pour la détermination des propriétés gaussiennes de la lentille.



Valeurs du potentiel au centre de la lentille en fonction du rayon de l'électrode centrale.
I, courbe relevée expérimentalement par H. Bruck; II, courbe calculée d'après la relation (7).

Par exemple la figure 1 montre pour les lentilles définies par $V_1 = 0$ V, $V_2 = 100$ V, $R_2 = 25^{mm}$, $z_0 = 127^{mm}$, l'accord entre les valeurs expérimentales de Bruck (¹) et les prévisions de la formule (3) qui se réduit ici à

$$\Phi(0) = V_1 + \frac{V_2 - V_1}{1 + \frac{z_0}{R_1}\operatorname{arc\,tg}\frac{z_0}{R_1}}. \qquad (7)$$

Il est ainsi prouvé en particulier que le potentiel au centre et partant, les paramètres gaussiens ne dépendent sensiblement que du rapport entre l'écartement des électrodes et le diamètre du trou central.

2° Nous avons vérifié que la formule permettait de prévoir exactement la valeur de V_1 pour laquelle la lentille devient miroir. V_1 et V_2 étant rapportés au potentiel de la cathode pris comme origine, la lentille fonctionnera en miroir lorsque

$$\Phi(0) \leqq 0.$$

La condition d'extinction complète s'écrit donc

$$\frac{V_1}{V_2} \leqq - \frac{1}{\frac{z_0}{R_1}\operatorname{arc\,tg}\frac{z_0}{R_1}}.$$

(¹) *Cahiers de Physique*, octobre 1944.

Pour une lentille de projection de microscope électronique, fonctionnant sous 50000 V avec un rapport z_0/R_1 voisin de 5, la relation (7) fournit pour la condition de blocage $V_1 \approx -6800$ V, en bon accord avec les mesures expérimentales.

SPECTROSCOPIE. — *Nouveaux spectres de la molécule* CsXe. Note de MM. **Georges Thomas** et **Louis Herman**, présentée par M. Jean Cabannes.

On sait que les atomes de gaz rares peuvent s'associer à des atomes métalliques pour former des molécules dites de Van der Waals. En raison de leur très faible énergie de dissociation, ces molécules se manifestent dans le spectre d'émission par la présence d'étroites bandes, de quelques angströms seulement, situées au voisinage de la raie du métal (1).

Il est rare d'observer l'émission d'un système complet de bandes analogue à ceux qu'émettent les molécules stables. Les bandes vertes émises par l'oxygène dilué dans le xénon en constituent jusqu'à présent un exemple peut-être unique (2). La molécule OXe se dissocie en $Xe(^1S_0)$ et $O(^1S_0)$ au niveau supérieur et en $Xe(^1S_0)$ et $O(^1D_2)$ au niveau inférieur. Le système part de la raie aurorale 5577,3 Å ($^1D_2 - {}^1S_0$) de OI et s'étend vers les courtes longueurs d'onde sur près de 600 Å.

Un phénomène analogue a été observé sur le spectre d'émission de vapeur de cæsium en atmosphère de xénon. Nous avons utilisé un tube à deux électrodes contenant un excès de cæsium métallique dont on modifiait la tension de vapeur en faisant varier la température, la pression de xénon étant de 25^{mm} de mercure.

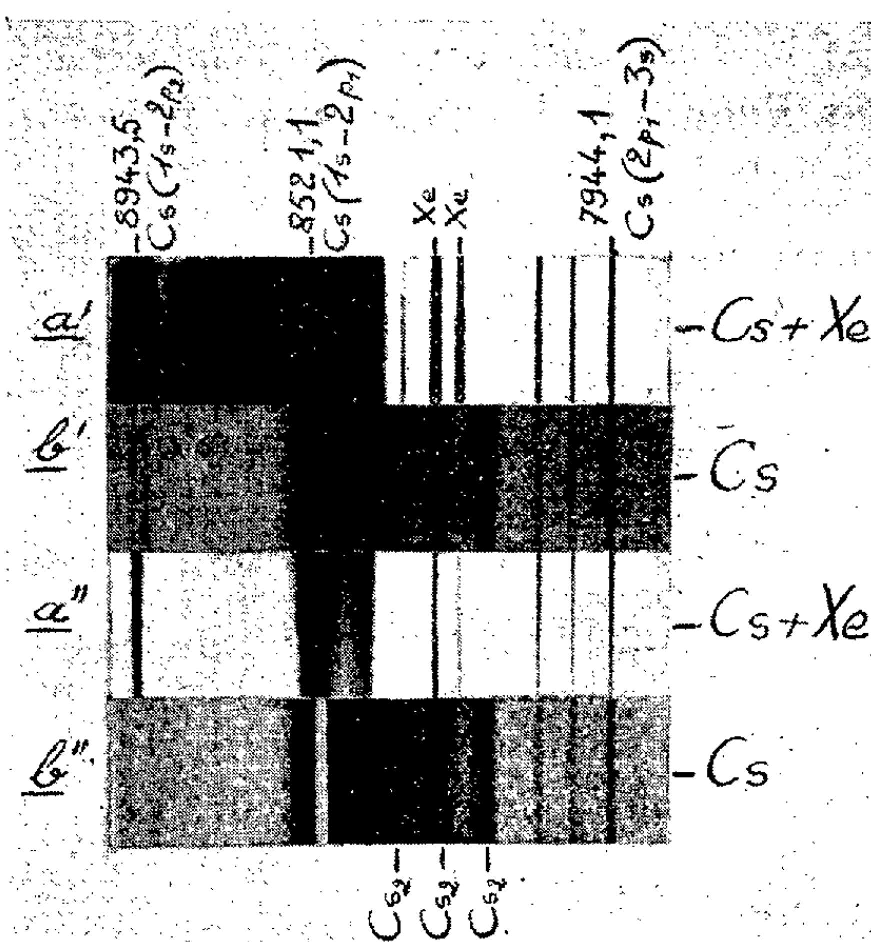
Sur la figure nous avons juxtaposé deux à deux des clichés reproduisant les spectres obtenus, les uns avec le cæsium pur (b', b''), les autres avec le cæsium en atmosphère de xénon (a', a''). On remarque sur le cliché a' un fond continu intense et bien développé au voisinage de la raie 8521,1 Å($6s\,^2S_{1/2}$— $6p\,^2P^0_{3/2}$) de CsI. Il débute à 8420 Å où il présente un maximum d'intensité et s'étend vers les grandes longueurs d'onde, tandis que de l'autre côté de cette raie atomique une étroite bande est émise à 8545 Å. Au voisinage des raies violettes 4555,3 Å ($6s\,^2S_{1/2} - 7p\,^2P^0_{3/2}$) et 4593,2 Å ($6s\,^2S_{1/2} - 7p\,^2P^0_{1/2}$) apparaissent également des spectres continus de faible étendue, mais à l'inverse de ce qui se produit dans l'infrarouge, ils débutent à la raie atomique et leur intensité décroît rapidement vers les grandes longueurs d'onde.

---

(1) *Voir*, par exemple, l'article de mise au point de H. Margenau, *Reviews of Modern Physics*, **11**, 1939 p. 1. On y trouvera d'autres références.

(2) C. Kenty, J. O. Aicher, E. B. Noel, A. Poritsky et V. Paolino, *Physical Review*, **69**, 1946. p. 36, R. Herman et L. Herman, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 492.

Par contre sur les clichés (b', b'') obtenus en absence de xénon les émissions continues ne sont pas observées malgré une tension de vapeur de cæsium plus élevée. Sur les mêmes spectres on reconnaît les bandes de Cs_2 en émission et une importante autoabsorption des raies de résonance.



On peut tenter d'interpréter l'existence de cette bande à 8420 Å en considérant la position relative des courbes d'énergie potentielle des molécules Xe ($^1S_0$) Cs ($^2S_{1/2}$) d'une part et de Xe ($^1S_0$) Cs ($^2P_{3/2}$) d'autre part. Celles-ci ont été tracées en admettant que l'attraction est due aux forces de Van der Waals. Le potentiel de répulsion a été évalué en prenant pour les rayons atomiques les valeurs r (Xe, $^1S_0$) = 2,2 Å, r(Cs, $^2S_{1/2}$) = 2,65 Å et $r(Cs^2P^0_{3/2})$ = 2,9 Å. Le rayon r(Cs, $^2P_{3/2}$) n'est pas connu avec certitude et la courbe de répulsion du niveau supérieur est déterminée approximativement. A partir des droites horizontales relatives aux molécules dissociées, les courbes d'énergie potentielle se rapprochent jusqu'au voisinage du minimum de potentiel du niveau supérieur puis s'écartent à nouveau pour les faibles distances internucléaires. Si l'on admet que le fond continu et les deux maxima d'intensité situés à 8420 Å et 8545 Å appartiennent au même système, on doit conclure qu'ils résultent d'une émission avec recombinaison atomique. Le maximum à 8545 Å serait relatif aux grandes distances internucléaires de l'ordre de 8 à 10 Å tandis que l'autre à 8420 Å correspondrait aux faibles distances internucléaires de 5 Å environ. Le fond continu proviendrait de l'émission avec répartition thermique des molécules au niveau supérieur.

A 4555,3 Å et 4593,2 Å on trouve également deux maxima d'intensité, mais situés tous deux du côté des grandes longueurs d'onde par rapport à la raie.

Cette répartition d'intensité aurait la même origine que celle des raies de résonance. Dans ce cas, les parties verticales des courbes d'énergie potentielle seraient plus proches l'une de l'autre, ce qui ramènerait les deux maxima du côté des grandes longueurs d'onde.

EFFET RAMAN. — *Structure des solutions aqueuses concentrées de nitrates métalliques*. Note de MM. **Jean-Paul Mathieu** et **Mackensie Lounsbury**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons montré qu'à mesure que la concentration des solutions de nitrates métalliques croît, se manifestent des influences spécifiques de certains cations polyvalents sur le spectre de Raman de l'ion NO_3^-. Le nombre de raies de ce spectre devient trop grand pour qu'on puisse l'expliquer par l'existence d'un seul état de l'ion, si abaissée que soit sa symétrie.

Nous avons d'abord tenté d'expliquer les faits observés en admettant l'existence d'équilibres, fonctions de la concentration, entre l'ion NO_3^- et des associations cation + NO_3 sans interposition de molécules d'eau, et en cherchant si les actions électrostatiques exercées par le cation sur l'anion pouvaient expliquer les variations observées pour les fréquences de NO_3^-. Mais ni la charge du cation, ni son pouvoir polarisant (mesuré par le rapport de sa charge à son rayon), ni sa structure électronique (type gaz rare ou type à couches incomplètes), ni son hydratation ([2]) ne sont en relation simple avec les modifications spécifiques observées dans les spectres.

En étudiant le spectre de Raman de nitrates en poudre, Gerlach ([3]) avait vu sur l'exemple des sels de lithium et de cuivre, que la fréquence de la raie totalement symétrique de l'ion NO_3^- a une valeur plus voisine de celle qu'on observe en solution pour les nitrates hydratés que pour les nitrates anhydres. Partant de cette remarque, nous avons comparé dans le détail les spectres de nos solutions concentrées et de quelques nitrates fondus à ceux des monocristaux de nitrates obtenus par l'un de nous ([4]). Les tableaux ci-après donnent les fréquences internes de l'ion NO_3^-, exprimées en cm^{-1}.

Il existe donc une étroite analogie entre les spectres d'un même nitrate sous les divers états que nous avons examinés. Les phénomènes sont les plus nets dans le cas du nitrate de thorium : les raies entre parenthèses du tableau précédent existent seules en solutions diluées; elles subsistent encore, très affaiblies, dans la solution concentrée et disparaissent dans le cristal, où l'on ne trouve

([1]) J. P. Mathieu et M. Lounsbury, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 295.
([2]) J. Bernal et R. Fowler, *Journ. Chem. Physics*, **1**, 1933, p. 515.
([3]) *Ann. der Physik*, 5, 1930, p. 196.
([4]) J.-P. Mathieu, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1068.

plus que les raies qui ont pris progressivement leur place dans les solutions à mesure que la concentration croissait, comme le montrent les nombres donnés dans la Note précédente ([1]).

Nitrate de lithium :							
Solution 7N.......	720	–	1051	1357	1422		
Cristal à $3H_2O$.....	717	–	1054	1332	1416		
Cristal fondu.......	722	–	1055	1370	1440		
Nitrate de calcium :							
Solution 16N......	716	746	1050	1358	1428	–	
Cristal à $4H_2O$.....	721	746	1052	1354	1424	–	
Nitrate d'aluminium :							
Solution 4N.......	719	1050	–	1315	1410	–	
Cristal à $9H_2O$ ([5])..	730	1046	1057	1321	1388	1434	
Cristal fondu.......	721	–	1050	1323	–	1435	
Nitrate de cérium :							
Solution saturée....	714	741	1047	(double)	1348	1468	
Cristal à $6H_2O$.....	716	738	1044	1054	1353	1444	
Nitrate de thorium :							
Solution 16N......	(716)	751	1034	(1050)	(1370)	∼1500	1543
Cristal à $6H_2O$.....	–	748	1036	–	–	1487	1542

L'étude de la diffraction des rayons X par des solutions d'électrolytes a déjà donné des indications sur leur structure ([6]). En particulier, l'étude du nitrate de thorium, qui a fourni à Prins ses résultats les plus nets, l'a conduit à conclure qu'il existe une répartition statistiquement régulière et homogène des cations dans le solvant. Nos observations, fondées sur la diffusion de la lumière par les anions, permettent d'étendre et de préciser la conclusion précédente : lorsque la concentration des solutions que nous avons étudiées croît, *la répartition des ions tend vers celle qui est caractéristique des cristaux hydratés qui se déposent dans les solutions saturées.*

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Cohésion et polymérisation des grosses molécules d'après leurs pertes diélectriques.* Note (*) de MM. **Pierre Girard**, **Paul Abadie** et **Robert Charbonnière**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Nous avons pu disposer de quatre échantillons solides de chlorure de polyvinyle non plastifié; chaque échantillon étant caractérisé par son poids moléculaire.

([5]) Ces nombres rectifient ceux de la Note ([1]).

([6]) J. Prins, *Journ. Chem. Physics*, 3, 1935, p. 72; J. Beck, *Physik. Zeits.*, 40, 1939, p. 479.

(*) Séance du 21 novembre 1949.

Nous allons voir qu'il existe une région de température à l'intérieur de laquelle les courbes de pertes relevées obligent à considérer le corps comme présentant à la fois l'état solide et l'état liquide : l'importance d'un des états par rapport à l'autre et par suite, la cohésion moléculaire, dépendant du degré de polymérisation de la grosse molécule.

Les courbes de pertes diélectriques furent relevées en fonction de la fréquence, le long d'un intervalle de fréquence allant de 25 périodes à 1 Mc à différentes températures.

Les quatre échantillons expérimentés étaient caractérisés par les PM suivants : 23 000, 46 000, 70 000, 125 000.

Nous ne reproduisons ici que les courbes de pertes relatives aux PM 23 000 et 70 000.

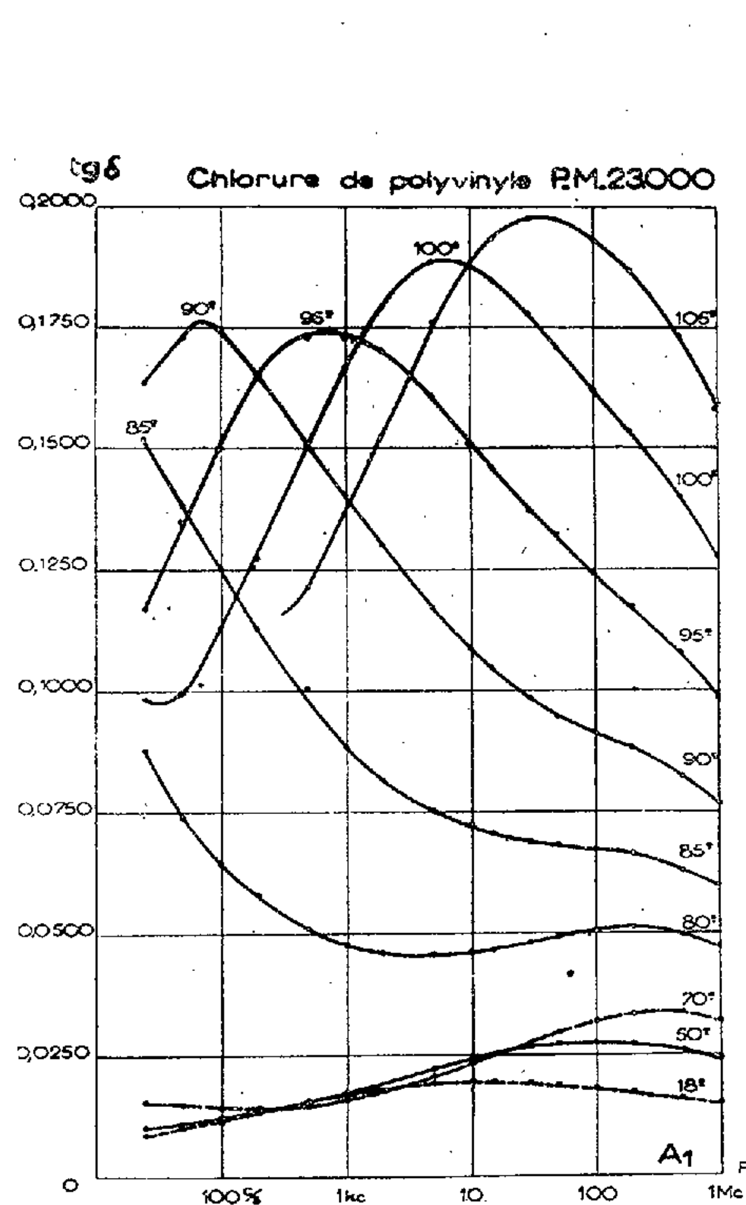


Fig. 1.

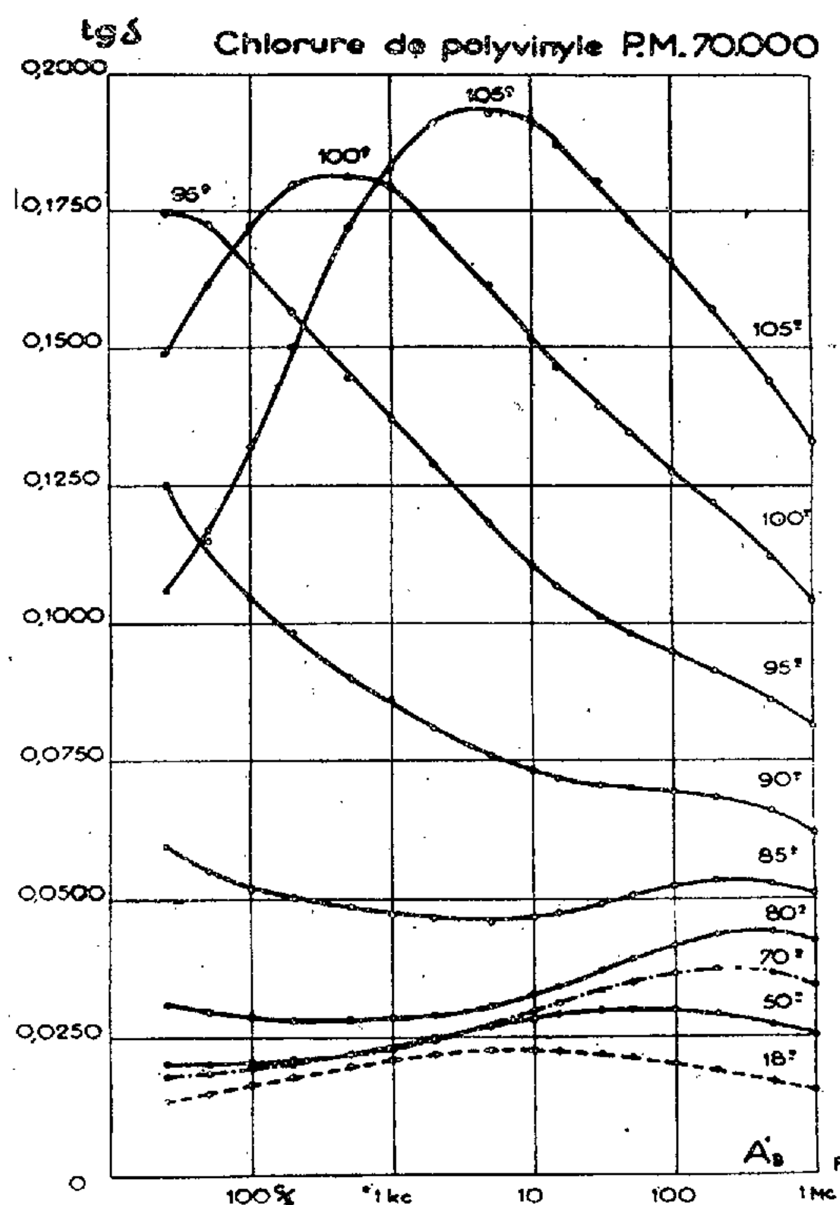


Fig. 2.

Les figures 1 et 2 nous montrent que, pour des températures ne dépassant pas 70° C, les courbes de pertes sont très différentes des courbes de Debye, avec un maximum très étalé; elles ne présentent pas de caractéristiques de relaxation.

C'est ainsi que, pour une température donnée, la position du maximum sur l'axe des fréquences est indépendante du PM (comparaison des courbes relevées à 18° C pour les PM 23 000 et 70 000.

En outre, pour un PM donné, la variation peu sensible et irrégulière, pour des températures rapidement croissantes, de la position de ce maximum sur l'abscisse, exclut l'hypothèse d'un effet de viscosité.

L'interprétation moléculaire donnée par Debye de la dispersion et de l'absorption diélectriques d'un liquide, à savoir la rotation dans le champ alternatif de molécules polaires dans un milieu visqueux, est donc ici sans application ; et de telles courbes étalées sans caractéristiques de relaxation, et notamment sans effet de viscosité, doivent être considérées comme représentatives de l'état solide.

Passons maintenant à des températures supérieures à 70° C, par exemple 80° C pour le PM 23000 (*fig.* 1) et 90° C pour le PM, 70000 (*fig.* 2) jusqu'à une limite supérieure voisine de 100° C, au delà de laquelle le polymère, commençant à perdre du Cl, n'est plus identique à ce qu'il est à plus basse température. Dans cet intervalle de températures nous voyons apparaître, faisant suite, vers les basses fréquences, aux courbes étalées que nous venons de décrire, des courbes du type Debye (quoique un peu plus larges) que Fuoss[1] a reconnues le premier au-dessus de 70° C (brittle point) en étudiant un chlorure de polyvinyle de PM imprécisé. Si nous suivons les positions successives des maxima de ces courbes sur l'axe des fréquences quand croît la température, nous reconnaissons cette fois l'effet de viscosité.

Et pour ce qui est de l'effet de masse (*fig.* 1 et 2), on voit que les maxima des courbes en cloche pour une température donnée, sont déplacées vers les basses fréquences quand croît le PM.

Leurs caractéristiques de relaxation et leur forme rendent donc ces courbes justiciables de l'interprétation moléculaire que Debye a donnée des pertes diélectriques dans un milieu liquide (ou gazeux). Ces courbes sont caractéristiques de l'état liquide. Ainsi, dans une région de température comprise entre une limite inférieure d'autant plus élevée que le PM est plus élevé (ici entre 70 et 80° C) et une limite supérieure que la fragilité chimique du corps ne nous permet pas de préciser, deux courbes de pertes de types entièrement différents coexistent, l'une faisant suite à l'autre, et deux états de la matière, l'un liquide, l'autre solide, coexistent par conséquent.

En deçà de cette région le corps est seulement un solide et au delà de cette région seulement un liquide.

La comparaison des figures 1 et 2 nous fait comprendre que dans les limites de cette région de température, et pour une température donnée, l'importance relative des deux états, solide et liquide, et, par conséquent le degré de cohésion moléculaire, dépend du degré de polymérisation de la grosse molécule.

---

(1) *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 63, 1949, p. 379.

En effet, quand le PM passe de 70000 à 23000, on voit la position sur l'abscisse des courbes caractéristiques de l'état liquide gagner vers les hautes fréquences, et par suite croître, pour une température donnée, l'importance relative de l'état liquide, donc diminuer la cohésion moléculalre.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la radioactivité des sables des plages de la rivière de Crach (Morbihan).* Note (*) de M. **René Coppens**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Par suite d'une lévigation naturelle, le sable de la plage des Demoiselles à Pénestin (Morbihan) se trouve formé, en grande partie, d'éléments lourds (cassitérite, or natif, magnétite, etc.) (1). Il était donc naturel d'y rencontrer les cristaux radioactifs généralement inclus dans les roches. Nous avons déjà mentionné la radioactivité de ce sable (2).

Cette concentration naturelle d'éléments radioactifs sur certaines plages ne semble pas particulière aux rivages de la Vilaine sur lesquels se trouve Penestin, et nous avons mis en évidence un phénomène du même genre sur ceux de la rivière de Crach (Morbihan).

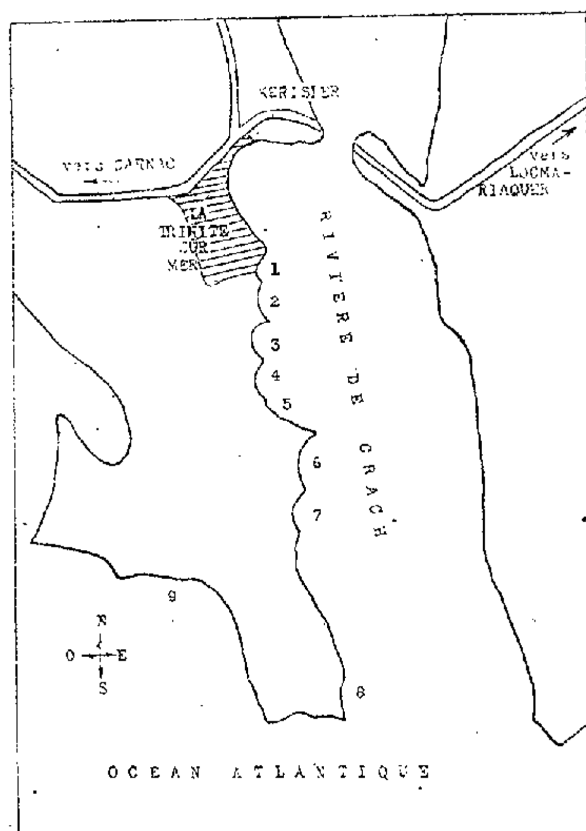


Fig. 1.

Celle-ci n'est alimentée que par un ruisseau, mais la mer remonte assez loin dans les terres et l'influence de la marée se fait sentir à plusieurs kilomètres. De La Trinité-sur-Mer à l'Océan, s'étalent sur 2^{km} un grand nombre de petites

(*) Séance du 28 novembre 1949.

(1) J. Durocher, *Comptes rendus*, 32, 1851, p. 902.

(2) R. Coppens, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1938.

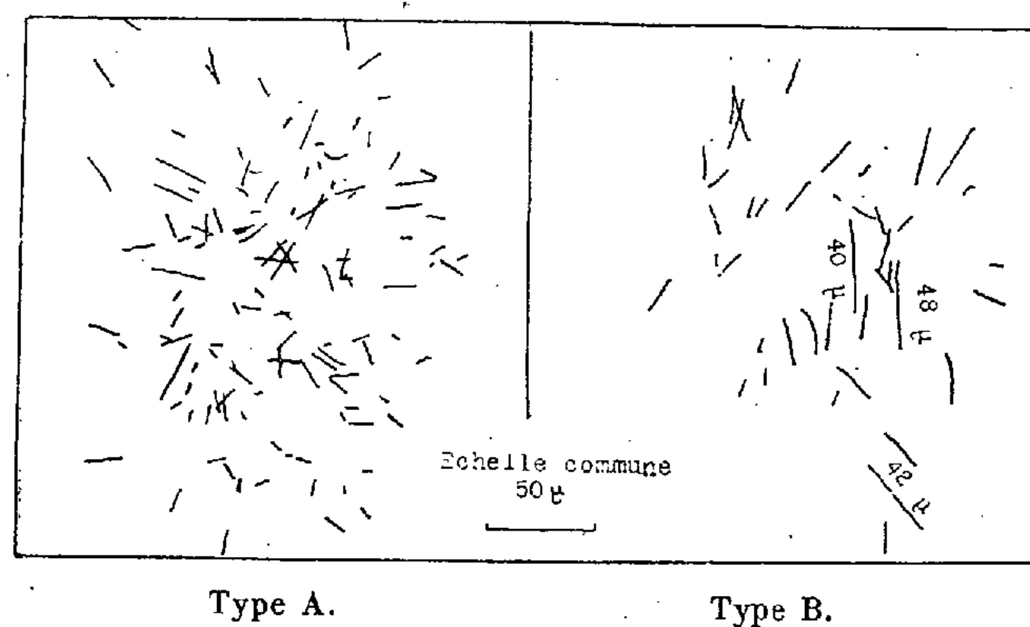
plages de 100 à 200^m de long séparées par des pointes rocheuses. Sur l'Océan même se trouve la plage de Kervilaine (*fig.* 1).

La mesure par l'impression d'une émulsion photographique de la radioactivité du sable de ces plages a donné les résultats caractéristiques suivants :

Plages.	Nombre de rayons α émis par cm² et par seconde.	Plages.	Nombre de rayons α émis par cm² et par seconde.
1. Poste des Douanes.....	$0,08.10^{-3}$	6. Plage de Coetbihan....	$0,13.10^{-3}$
2. »	0,10	7. » Kerbihan.....	2
3. Plage des Américains...	6	8. » Ty Gward....	0,08
4. » de Kerhino......	0,06	9. » Kervilaine....	0,05
5. »	0,11		

Le sable de la plage des Américains n'a pas une activité constante. La valeur donnée dans le précédent tableau est une moyenne. L'échantillon le plus radioactif a montré 14.10^{-3} trajectoires par centimètre carré et par seconde, et le plus faible 2.10^{-3} trajectoires. Les autres plages ont au contraire une activité régulière.

Dans l'ensemble on peut donc constater que le sable des *Américains* et celui de Kerbihan ont des teneurs en matières radioactives bien supérieures à celles des sables des plages voisines. Comme tous ces sables ont vraisemblablement la même origine et que les terrains en bordure sont identiques, on ne peut concevoir l'enrichissement que par une lévigation naturelle.



Type A. Type B.

Fig. 2. — Les deux types d'inclusions radioactives contenues dans le sable de la plage des « Américains » à La Trinité-sur-Mer. (Pose 70 heures.)

Notons que la plage de Kerbihan a perdu, il y a quelques années, sous l'action d'une forte marée, le sable dont elle était recouverte et qu'elle est actuellement faite de galets sous lesquels nous avons prélevé le sable étudié. Il est possible que lors de l'accomplissement de ce phénomène, les grains les plus lourds soient restés, ce qui expliquerait la forte teneur par rapport aux plages voisines.

Les inclusions radioactives rencontrées dans les deux sables les plus riches sont de deux types (*fig.* B).

Type A. — Aucune trajectoire de plus de 7^{cm} d'air ou 48^{μ} d'émulsion pouvant être attribuée au ThC′. Sans doute inclusions à faible teneur en uranium (ordre de 10 %) ([3]).

Type B. — Plusieurs trajectoires de ThC′. Sans doute inclusions à faible teneur en thorium (ordre de 1 à 2 %) ([4]).

Il est difficile de déterminer dans ces sables le rapport C_{Th}/C_U des concentrations en thorium et en uranium, car le nombre des trajectoires longues est réduit ([5]). Si l'on admettait la valeur $C_{Th}/C_U = 3$, généralement adoptée pour les roches granitiques, les teneurs en matières radioactives des sables seraient les suivantes :

	C_U.	C_{Th}.
Américains............	$2,58.10^{-5}$	$7,7.10^{-5}$
Kerbihan...............	$0,86.10^{-5}$	$2,6.10^{-5}$
Autres plages...........	$0,04.10^{-5}$	$0,13.10^{-5}$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Interprétation des courbes expérimentales de déclin de la phosphorescence des sulfures.* Note de M. **Daniel Curie**, présentée par M. Frédéric Joliot.

J. Saddy, ayant irradié à saturation au Wood un ZnS(Cu), a suivi le déclin de l'intensité de phosphorescence I_t avec le temps t entre 1 et 10^4 secondes. Suivant une méthode déjà proposée par Lenard pour le CaS(Bi), l'identification à la décomposition en somme d'exponentielles

$$I_t = \sum_{\tau} \frac{N_\tau(\tau)}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} \Delta\tau \qquad (1)$$

donne la distribution relative des vies moyennes des électrons dans les différents pièges $N_\tau(\tau)$ ([1]). La relation $\tau^{-1} = s\, e^{-E/kT}$ (valable quand la profondeur du piège E est nettement supérieure à kT, c'est-à-dire $\tau \gg s^{-1} \sim 10^{-9}$ sec), permet d'obtenir la distribution correspondante $N_E(E)$ des profondeurs de pièges. Cette distribution est résoluble en deux pics (1) et (2) d'allure gaussienne ([2])

$$N_E(E) = A\, e^{-\frac{(E-E_0)^2}{2\sigma^2}} \quad (A = \text{const.}), \qquad (2)$$

$$\tau_0^{(1)} \sim 600 \text{ sec}, \quad \sigma^{(1)} \sim 3,3.10^{-2} \text{ eV}, \quad \tau_0^{(2)} \sim 60 \text{ sec}, \quad \sigma^{(2)} \sim 1,4.10^{-2} \text{ eV}.$$

([3]) R. Coppens, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1218.

([4]) R. Coppens, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1221.

([5]) Mme I. Curie, *J. de Phys.*, S. VIII, T. VII, 1946.

([1]) J. Saddy, *Thèse*, Paris, 1946; P. Lenard, *Hand. für exper. Phys.*, **1**, 1928, p. 188.

([2]) D. Curie, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 193.

(On donne τ_0 plutôt que E_0, ce qui évite d'introduire la constante mal connue s.)

Objections. — *a.* L'interprétation de la décomposition (1) suppose un type de déclin *monomoléculaire*. Cependant une décomposition de I_t en somme d'exponentielles est toujours possible.

b. Même dans le cas monomoléculaire, on peut proposer plusieurs expressions types (1) différant par le nombre des exponentielles et par leurs constantes. Il n'est pas démontré que si $N_\tau(\tau)$ varie rapidement elles conduiront à la même distribution de pièges.

Pour préciser ces points, il faut tirer de (2) une loi de déclin confrontable avec l'expérience. On a dans le cas monomoléculaire pour un pic unique :

(2) $$I_t = \int_0^\infty \frac{N_\tau}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} d\tau;$$

(3) $$z = \frac{E - E_0}{kT} = \log\frac{\tau}{\tau_0}, \qquad B = \frac{kT}{\sigma\sqrt{2}}, \qquad B^{(1)} \sim 0,5, \qquad B^{(2)} \sim 1,2;$$

(4) $$I_t = \frac{AkT}{\tau_0} \int_{-\infty}^{+\infty} \exp\left[-B^2 z^2 - z - \frac{t}{\tau_0} e^{-z}\right] dz \qquad (\tau_0 \gg 10^{-9}\,\text{sec}),$$

I_t est la somme de deux telles expressions. Il existe des tables de la fonction

(5) $$f(x, B) = \int_{-\infty}^{+\infty} \exp[-B^2 z^2 - z - x e^{-z}]\, dz,$$

calculée par la méthode de Simpson pour diverses valeurs de x et de B ([3]).

Par ajustement des constantes $\tau_0^{(1)}$ et $B^{(1)}$, on représente parfaitement la décroissance de I_t pour $t > 1000$ sec avec

(6) $$I_t = K f\left(\frac{t\,\text{sec}}{565}; 0,55\right).$$

En modifiant légèrement $\tau_0^{(1)}$ et $B^{(1)}$ dans le même sens, on ne déplace pas le bord à vie longue de la distribution de Gauss et l'on obtient une loi de déclin se confondant pratiquement avec la précédente. Les valeurs obtenues restent cependant voisines de celles obtenues à partir de la décomposition en nombre fini (six) d'exponentielles de Saddy.

La différence $\Delta = I_t - kf$ doit représenter la contribution du premier pic de la distribution. Le graphique $\log\Delta(\log t)$ devrait coïncider par translation avec celui de $\log f(t/\tau_0^{(2)}, B^{(2)})$. Il ne se superpose à aucun des graphiques d'aucune des fonctions f. Δ décroît entre 60 secondes et 300 secondes quatre fois moins que $f(t/\tau_0^{(2)}, B^{(2)})$ et croît deux fois plus entre 60 et 1 seconde. Ceci correspond à un excès de largeur du pic des deux côtés. Ce n'est pas un simple rajustement des constantes du pic profond qui fait disparaître un tel désaccord.

([3]) E. Jahnke et F. Emde, *Funktionentafeln*, p. 38-39.

Conclusion. — La distribution des profondeurs des pièges du côté des grandes profondeurs a une forme pratiquement de Gauss, et quand les pièges de grandes profondeurs agissent seuls, c'est le phénomène monomoléculaire de sortie des pièges qui commande le déclin. Au contraire, les pics de profondeur moindre semblent tellement élargis à la base que l'hypothèse d'une superposition gaussienne de phénomènes monomoléculaires donne à peine un ordre de grandeur pour les premières 10 minutes du déclin. Les pics sont trop marqués ([2]) pour qu'on en nie l'existence, mais au phénomène monomoléculaire est alors lié un phénomène bimoléculaire perturbateur. Un déclin bimoléculaire est en effet plus rapide au début et moins rapide à la fin qu'un déclin exponentiel.

Cette perturbation peut être attribuée au repiégeage qui augmente à la fois la durée moyenne de vie d'un électron dans un piège et la dispersion de ces durées de vie. Toutefois, le repiégeage ne modifie pas l'allure monomoléculaire du déclin quand les centres sont une fois ionisés et les pièges liés aux centres, car alors la probabilité de rentrée d'un électron d'un niveau excité dans un piège reste constante au cours du temps. La perturbation s'introduit si plusieurs électrons sont en jeu, quand certains pièges ne sont pas liés à un centre particulier. Il existe donc de tels pièges. La luminescence commandée par des pièges de vie très supérieure aux autres n'est pas sensiblement perturbée, la capture dans un piège de vie nulle n'entraînant aucune modification.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Vieillissement des suspensions de paratungstate d'ammonium en milieu eau-alcool.* Note de Mlle **Agnès Mathieu-Sicaud**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons étudié la précipitation par l'alcool éthylique du paratungstate d'ammonium dissous dans l'eau.

Nous avons vu que le paratungstate se présentait sous deux formes à degrés d'hydratation différents. La forme moins hydratée ($5H_2O$) se présente en plaquettes et la forme plus hydratée ($11H_2O$) en bâtonnets.

1° *Alcool à* 96°,4. — Lorsque la suspension de paratungstate est fraîche, les microcristaux sont uniquement constitués de plaquettes.

Au contraire, lorsque la suspension est vieille d'environ une semaine, elle ne contient plus que des bâtonnets.

Nous avons cherché à étudier comment pouvait se faire cette transformation.

Nous avons donc prélevé dans la suspension à des temps variables une certaine quantité de particules que nous avons observées au microscope électronique.

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 228.

Le cliché 1 correspond à la suspension fraîche.

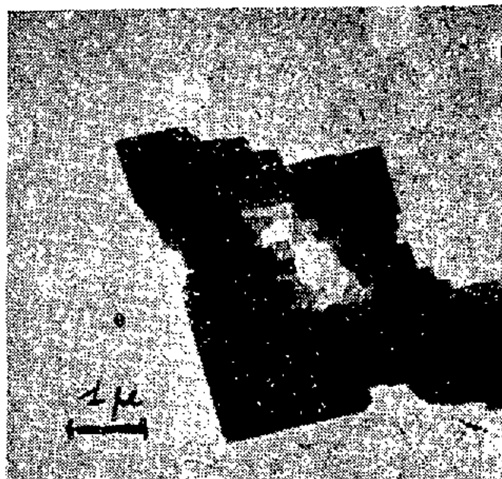
Le cliché 2 qui correspond à 6 heures de vieillissement montre l'agrégation des plaquettes entre elles pour former des particules plus grosses.

Au bout de 9 heures les agrégats sont devenus compacts (cliché 3).

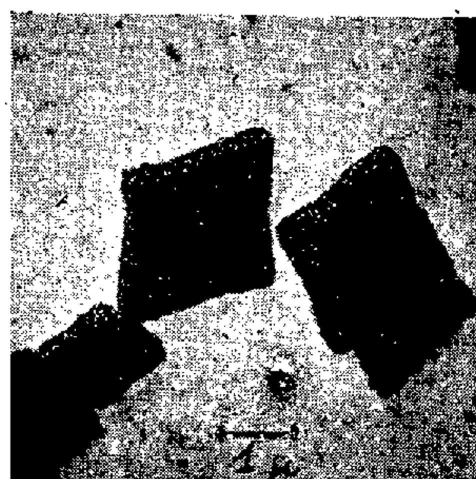
Le cliché 4 montre qu'au bout de 26 heures des bâtonnets commencent à pousser à partir de ces grosses particules.



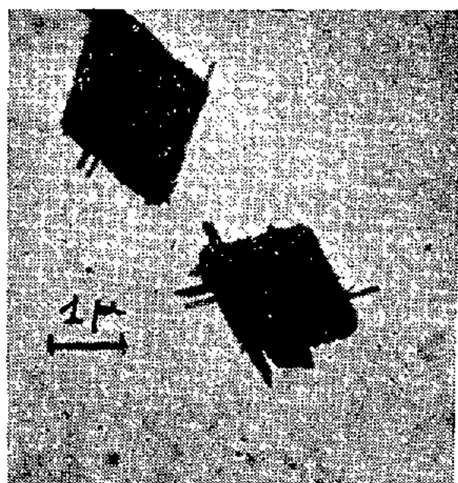
Cliché 1.



Cliché 2.



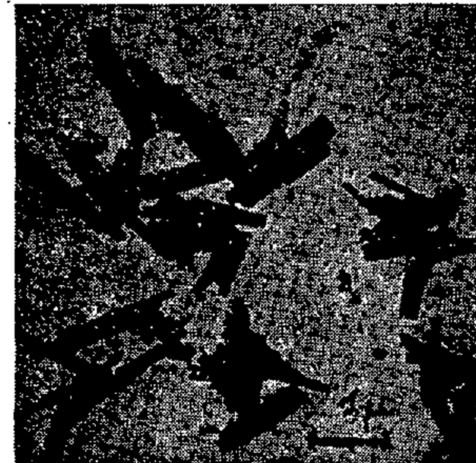
Cliché 3.



Cliché 4.



Cliché 5.



Cliché 6.

Le cliché 5 correspond à 54 heures de vieillissement et paraît similaire aux clichés montrant l'hydratation d'un grain de ciment Portland.

Finalement le cliché 6 montre les bâtonnets ayant acquis une existence individuelle après avoir digéré la particule.

2° *Alcool à* 99°,5. — Pour un alcool plus pauvre en eau que le précédent, le vieillissement est considérablement plus lent et le stade bâtonnet n'est pratiquement jamais atteint.

Le cliché 7 montre qu'au bout d'un mois de vieillissement on n'observe que des agrégats.

Conclusion. — Grâce au microscope électronique nous avons pu suivre facilement toutes les étapes d'une transformation totale dans la forme des microcristaux de paratungstate d'ammonium.

PHYSICO-CHIMIE DES COLLOÏDES. — *Point isoélectrique des gélatines fractionnées.* Note de M. **Jacques Pouradier** et Mme **Janine Roman**, présentée par M. Paul Pascal.

L'un de nous ([1]) a montré, à l'aide de la technique des couches superficielles monomoléculaires, que les différentes fractions homogènes obtenues par fractionnement d'une gélatine de peau de point isoélectrique 4,7 ont toutes même point isoélectrique. Pour confirmer et étendre ce résultat, nous avons repris ces expériences, mais, au lieu d'utiliser une méthode indirecte de mesure du point isoélectrique, nous avons employé la méthode par électrophorèse telle qu'elle a été décrite par Rousselot ([2]), et nous avons effectué des mesures sur des gélatines de points isoélectriques différents.

Les résultats de ces mesures sont rassemblés dans les tableaux ci-après :

Tableau I. — *Gélatine de peau, de point isoélectrique* $4,75 \pm 0,05$ *et de masse moléculaire moyenne en nombre* $\overline{M}_n = 65\,300$.

Fraction.	Masse moléculaire.	Point isoélectrique.
H 200	30 000	$4,55 \pm 0,2$
Z 51 222	60 000	$4,60 \pm 0,2$
Z 51 221	81 000	$4,80 \pm 0,2$
Z 1 (*)	88 000	$4,80 \pm 0,2$
Z 221	132 000	$4,75 \pm 0,2$
Z 5111	166 000	$4,75 \pm 0,2$

(*) Fraction non homogène au point de vue masse moléculaire.

Tableau II. — *Gélatine Rousselot, de point isoélectrique* $8,9 \pm 0,1$.

Fraction.	Masse moléculaire.	Point isoélectrique.
N 1	>170 000	$8,55 \pm 0,2$
N 2	>170 000	$8,65 \pm 0,2$
N 3	130 000	$8,70 \pm 0,2$
N 4	88 000	$8,75 \pm 0,2$
N 5	49 000	$8,70 \pm 0,2$

On peut remarquer, pour cette gélatine, que toutes les fractions ont un point isoélectrique légèrement inférieur à celui de la gélatine non fractionnée. Quoique la différence soit de l'ordre de grandeur des erreurs de mesure, il semble cependant qu'elle soit réelle. Elle est probablement due au chauffage nécessaire pour disperser les fractions, lesquelles ayant été précipitées à l'alcool en amas assez gros, sont difficilement dispersables (d'autant plus que

---

([1]) J. Pouradier, *Thèse*, Paris, 1948.

([2]) *Thèse*, Paris, 1945.

la masse moléculaire est plus élevée). Or, nous avons vérifié qu'un chauffage prolongé d'une solution de la gélatine non fractionnée en abaisse le point isoélectrique. Par suite, on peut conclure de l'observation des deux tableaux ci-dessus que :

Quel que soit le point isoélectrique d'une gélatine, les fractions homogènes qui la constituent ont toutes même point isoélectrique.

Ce résultat semble indiquer que toutes les fractions extraites d'une même gélatine ont des structures identiques et renferment les mêmes amino-acides dans les mêmes proportions.

ÉLECTROCHIMIE. — *Surtension dans le système oxydo-réducteur fer ferreux-fer ferrique.* Note (*) de M. **Eugène Lewartowicz**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une Note précédente [1] nous avons montré que le coefficient de transfert d'énergie correspondant à la réduction cathodique du fer trivalent est une onction décroissante du rapport r des concentrations des deux formes d'ions présents en solution (Fe^{++}) et (Fe^{+++}). Ainsi nous avons pu expliquer l'allure de la courbe de variation du logarithme de la densité de courant I en fonction du potentiel d'électrode V qui ne possède aucune portion rectiligne nette. Ce résultat est obtenu en appliquant la théorie de R. Audubert [2] et en admettant que la somme des coefficients de transfert de deux réactions est égale à l'unité dans le domaine des faibles surtensions.

Dans le travail présent on étudie simultanément les réactions d'oxydation et de réduction électrolytiques dans le système ferreux-ferrique. Désignons par α, W et K le coefficient de transfert, l'énergie d'activation et la constante cinétique de la réaction $Fe^{++} \rightarrow Fe^{+++} + \theta$, et respectivement par β, W' et K' les mêmes grandeurs correspondant à la réaction inverse. La densité de courant s'exprime dans le cas d'une polarisation anodique par :

$$(1)\qquad I_a = K'(Fe^{++})\, e^{-\frac{W-\alpha FV}{RT}}\left(l - e^{-\frac{(\alpha+\beta)F\eta}{RT}}\right)$$

et par

$$(2)\qquad I_o = K'(Fe^{+++})\, e^{-\frac{W'+\beta FV}{RT}}\left(l - e^{-\frac{(\alpha+\beta)F\eta}{RT}}\right),$$

dans le cas d'une polarisation cathodique. Dans ces formules η représente la surtension, toujours positive; F, le Faraday; R, la constante des gaz et T la température absolue. Le signe « + » devant le terme βFV de la deuxième

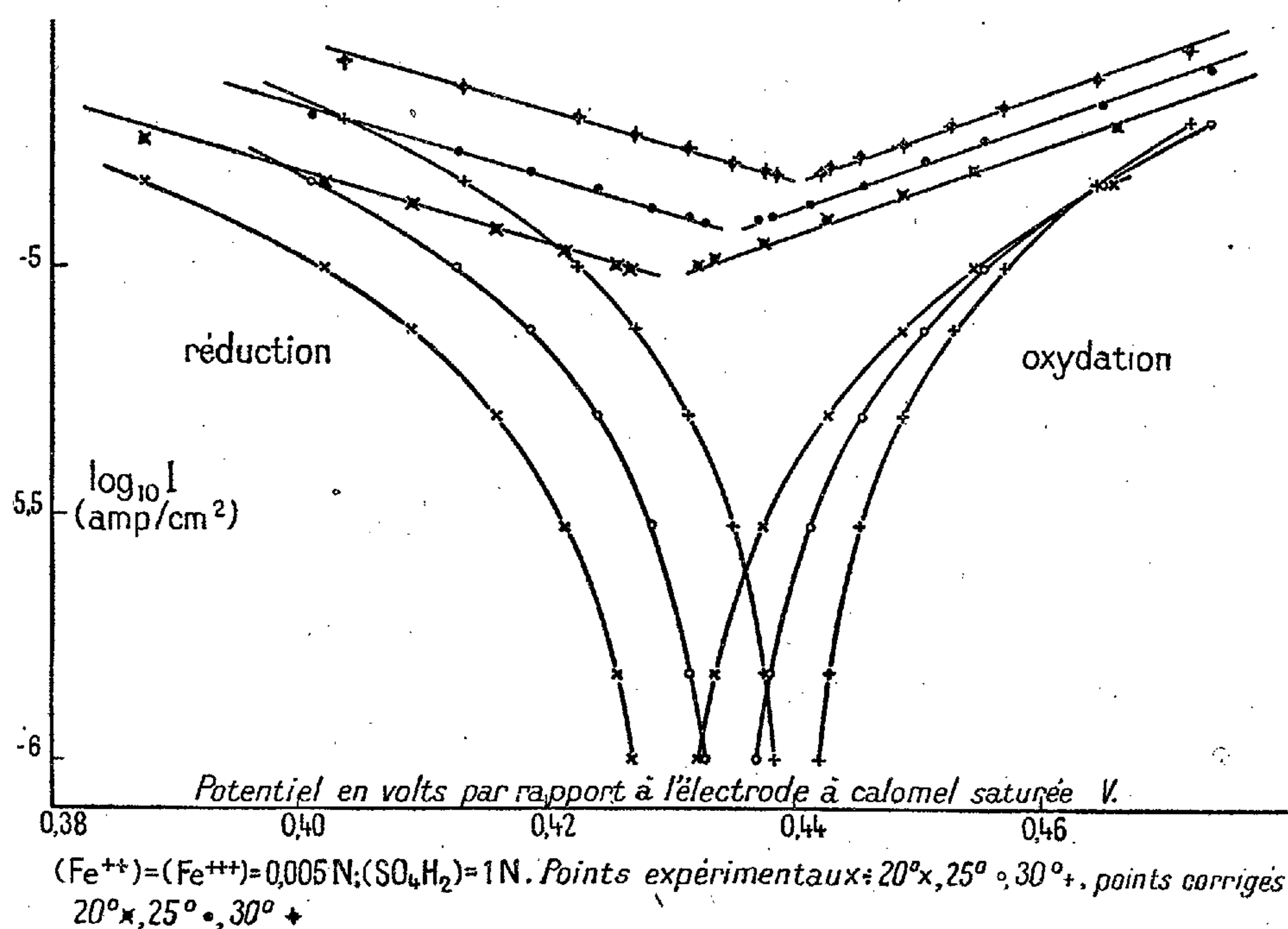
(*) Séance du 28 novembre 1949.

(1) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 362-365.

(2) *Journ. Phys. et Rad.*, (8), **3**, 1942, p. 206-220.

équation provient du fait que dans ce cas le potentiel et la surtension varient dans les sens opposés.

Les expériences ont été effectuées avec des solutions du sel de Mohr et de l'alun de fer et d'ammonium en proportions variables dans l'acide sulfurique normal. La concentration totale en fer $(Fe^{++}) + (Fe^{+++})$ était toujours égale à 0,01 N. Les solutions étaient uniformément agitées à l'aide d'un moteur synchrone et la température maintenue constante à 0°,05 près. Pour toute solution étudiée on prenait alternativement des courbes anodiques et cathodiques à plusieurs températures. A partir des surtensions mesurées et en



$(Fe^{++}) = (Fe^{+++}) = 0{,}005$ N; $(SO_4H_2) = 1$ N. *Points expérimentaux : 20°×, 25° ∘, 30° +, points corrigés 20°×, 25° •, 30° +*

posant $\alpha + \beta = 1$ on calcule le terme $l - e^{-(\alpha+\beta)F\eta/RT}$ des formules (1) et (2). En déduisant le logarithme de cette valeur calculée de l'ordonnée de chaque point expérimental, on obtient conformément à la théorie des droites, visibles sur la figure, qui contient en outre des courbes expérimentales.

Les pentes des droites ainsi obtenues permettent de calculer indépendamment les valeurs des coefficients de transfert α et β. D'autre part les valeurs des deux énergies d'activation W et W′ peuvent être atteintes en considérant ces portions rectilignes correspondant à diverses températures. On peut calculer ces valeurs soit en les rapportant à un potentiel zéro fixe, soit, ce qui semble être plus logique, à un potentiel zéro égal au potentiel d'équilibre du système Fe^{++}/Fe^{+++}. Le tableau suivant indique les résultats obtenus. Les valeurs de W et W′ correspondent au cas, où le potentiel V est exprimé par

rapport à une électrode à calomel saturée, celles de W_e et W'_e sont déterminées par rapport au potentiel d'équilibre; elles sont données en kcal.

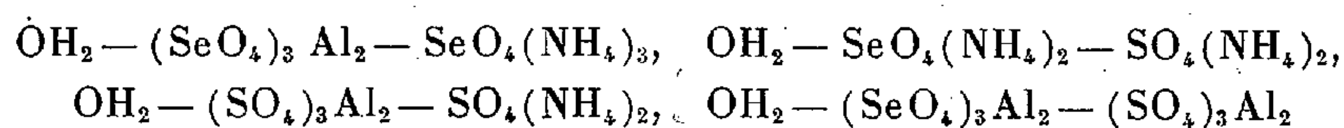
r	67.	10.	1.	0,1.	0,01.	0,001.
α	0,70	0,67	0,53	0,36	0,21	0,13
β	0,28	0,30	0,43	0,57	0,78	0,84
$\alpha+\beta$	0,98	0,97	0,96	0,93	0,99	0,97
W	10,3	10,3	9,6	9,2	8,1	7,5
W′	7,6	7,4	7,0	6,6	5,0	4,6
W_e	5,1	4,5	4,2	5,1	5,3	5,7
W'_e	9,8	10,0	11,3	13,1	15,0	16,4

Le fait que la somme $\alpha+\beta$ obtenue reste toujours sensiblement égale à l'unité est une preuve de la validité de la méthode de calcul utilisée. En effet, si l'on donne à $\alpha+\beta$ des valeurs différentes de l'unité, la somme des coefficients de transfert obtenus expérimentalement s'écarte d'autant plus de la valeur prise pour base du calcul que celle-ci s'éloigne de l'unité.

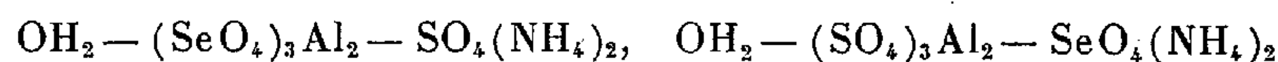
Il reste enfin à signaler que les résultats concernant des énergies d'activation ne sont reproductibles que si l'équilibre d'oxydo-réduction est établi, ce qui demande souvent un temps égal à plusieurs jours.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Isotherme* 20° C *des solutions aqueuses renfermant les séléniates et les sulfates d'aluminium et d'ammonium.* Note de M. **Henri Collet**, présentée par M. Louis Hackspill.

Poursuivant l'étude de systèmes quaternaires d'où résultent des aluns sulfuriques et séléniques ([1]) et ([2]), j'ai déterminé, à 20° C, les isothermes des systèmes ternaires


$OH_2-(SeO_4)_3Al_2-SeO_4(NH_4)_2$, $OH_2-SeO_4(NH_4)_2-SO_4(NH_4)_2$,
$OH_2-(SO_4)_3Al_2-SO_4(NH_4)_2$, $OH_2-(SeO_4)_3Al_2-(SO_4)_3Al_2$

et des trois sections quaternaires


$OH_2-(SeO_4)_3Al_2-SO_4(NH_4)_2$, $OH_2-(SO_4)_3Al_2-SeO_4(NH_4)_2$

et OH_2 — alun sélénique-alun sulfurique, ainsi que la composition des solutions en équilibre avec trois phases salines.

1° *Système* $OH_2-(SeO_4)_3Al_2-SeO_4(NH_4)_2$. — L'isotherme présente trois branches; les deux extrêmes correspondent aux sels initiaux, la branche intermédiaire à un sel double dont la composition répond à celle de l'alun sélénique d'ammonium $(SeO_4)_3Al_2$, $SeO_4(NH_4)_2$, $24OH_2$.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1122.
([2]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1492.

2° *Système* $OH_2 - SeO_4(NH_4)_2 - SO_4(NH_4)_2$. — L'isotherme est formée de deux branches, relatives, l'une au $SeO_4(NH_4)_2$, l'autre au $SO_4(NH_4)_2$.

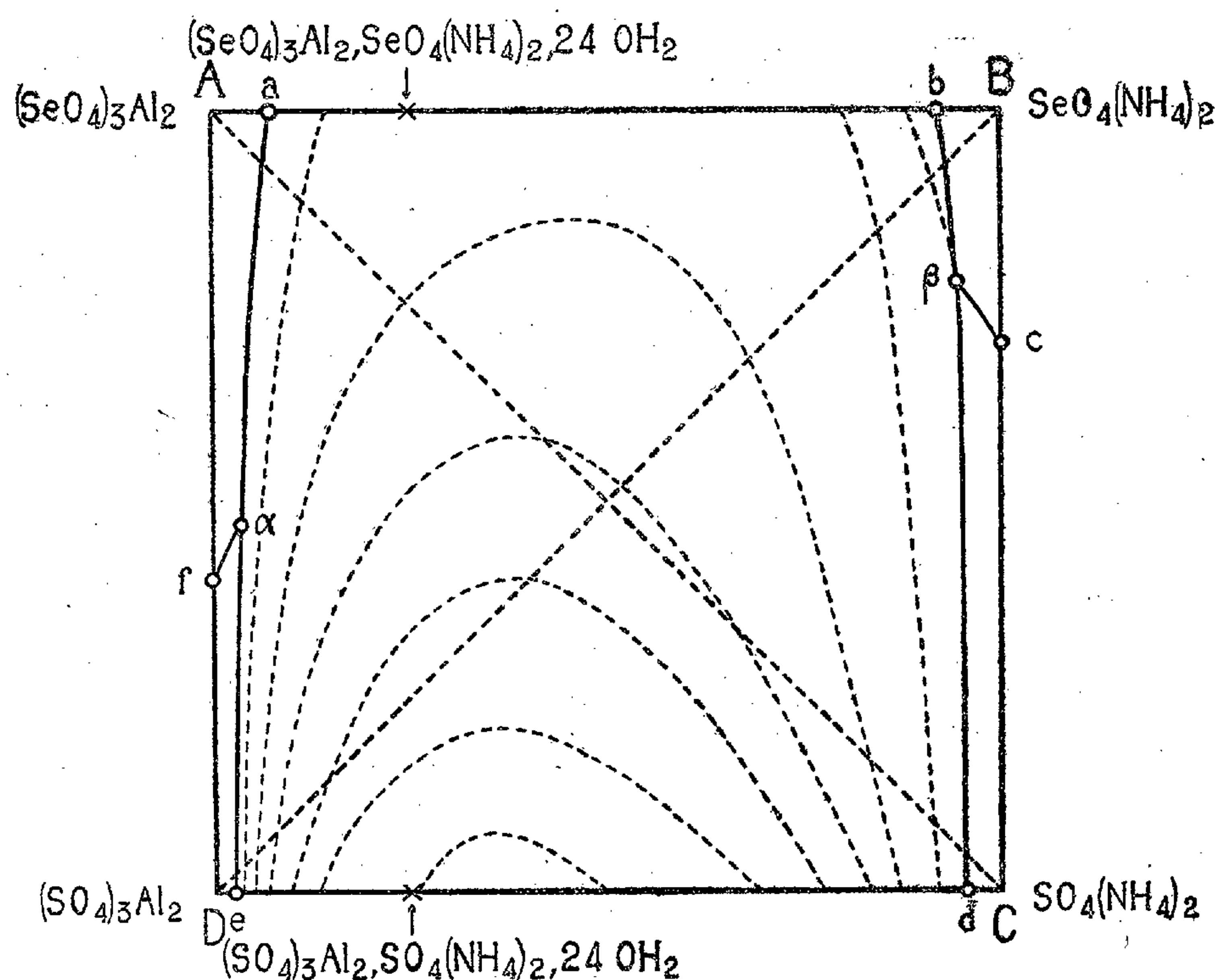
3° *Système* $OH_2 - (SO_4)_3Al_2 - SO_4(NH_4)_2$. — L'isotherme est à trois branches mettant en évidence, outre les deux sels initiaux, l'alun sulfurique d'ammonium $(SO_4)_3Al_2, SO_4(NH_4)_2, 24\,OH_2$.

4° *Système* $OH_2 - (SeO_4)_3Al_2 - (SO_4)_3Al_2$. — Précédemment étudié (1).

5° *Système* $OH_2 - (SeO_4)_3Al_2 - SO_4(NH_4)_2$. — L'isotherme a trois branches relatives : au $(SeO_4)_3Al_2, 22\,OH_2$, à des cristaux mixtes entre aluns sélénique et sulfurique d'ammonium et au $SO_4(NH_4)_2$.

6° *Système* $OH_2 - (SO_4)_3Al_2 - SeO_4(NH_4)_2$. — L'isotherme, analogue à la précédente, met en évidence les deux sels initiaux et les mêmes cristaux mixtes d'aluns.

7° *Système* OH_2—*alun sélénique —alun sulfurique*. — L'isotherme est réduite à une branche unique relative à une série continue de cristaux mixtes.



Il existe, de plus, deux solutions en équilibre avec trois phases solides : α solution constante entre $(SeO_4)_3Al_2, 22\,OH_2$, cristaux mixtes d'aluns et $(SO_4)_3Al_2, 18\,OH_2$, et β solution constante entre $SeO_4(NH_4)_2$, cristaux mixtes et $SO_4(NH_4)_2$.

Le diagramme carré ci-dessus, tracé à partir de ces déterminations, montre l'existence de cinq nappes.

Quatre d'entre elles sont relatives à des sels purs :

A $a\alpha f$ correspond au $(SeO_4)_3Al_2, 22\,OH_2$;

B $c\beta b$ correspond au $SeO_4(NH_4)_2$;

C $d\beta c$ correspond au $SO_4(NH_4)_2$;

D $f\alpha d$ correspond au $(SO_4)_3Al_2, 18\,OH_2$.

La cinquième $ab\beta de\alpha$, la plus étendue, est relative aux cristaux mixtes entre les deux aluns.

Le diagramme montre un isomorphisme complet entre les deux aluns alors que les deux couples : $(SeO_4)_3Al_2 - (SO_4)_3Al_2$ et $SeO_4(NH_4)_2 - SO_4(NH_4)_2$ ne présentent pas de cristaux mixtes.

Par comparaison avec les deux systèmes précédents renfermant le sodium ou le potassium ([3]), on voit une grande analogie entre ce système et celui contenant le potassium. Il existe dans les deux cas des aluns séléniques et sulfuriques réunis par une nappe de cristaux mixtes, tandis que l'alun sélénique de sodium n'apparaît pas dans le système correspondant. La grosseur relative de l'ion alcalin par rapport à celle de SeO_4^{--} peut expliquer ces différences.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur la structure des solutions primaires des alliages binaires.* Note de M. **Léon Jollivet**, présentée par M. Albert Portevin.

L'étude des équilibres solide-liquide de ces solutions conduit à des conclusions qui confirment et complètent les enseignements que nous avons tirés de l'étude des milieux métalliques dilués ([1]).

Désignons par C_{1L} et C_{1S} les concentrations atomiques du solvant dans le liquide et le solide en équilibre à la température absolue T et par C_{2L} et C_{2S} les concentrations correspondantes du soluté.

La relation de van Laar

$$\log\frac{C_{1L}}{C_{1S}} = \frac{H}{R}\left(\frac{1}{T_f} - \frac{1}{T}\right)$$

se vérifie souvent avec précision au voisinage du solvant pur. Cependant la valeur de H qu'on en déduit est parfois très différente de la chaleur de fusion du solvant. En outre, la variation linéaire en fonction de $1/T$ ne s'étend généralement qu'à une faible partie de la solution primaire.

Nous avons constaté que les courbes des variations de $\log(C_{1L}/C_{1S})$ et de $\log(C_{2L}/C_{2S})$ en fonction de $1/T$ sont constituées par une suite de segments rectilignes dans toute l'étendue des solutions primaires. Les figures 1 et 2 représentent de telles courbes pour les solutions de zinc dans l'argent et d'étain dans le plomb.

([3]) *Loc. cit.*

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1944.

La première comporte trois zones :

$$1.\quad \log\frac{C_{1L}}{C_{1S}}=\frac{1}{R}\left(\frac{h_1}{T_1}-\frac{h_1}{T}\right),\qquad \log\frac{C_{2L}}{C_{2S}}=\frac{1}{R}\left(A-\frac{h_2}{T}\right);$$

$$2.\quad \log\frac{C_{1L}}{C_{1S}}=\frac{1}{R}\left(\frac{h_1}{T_1}+\frac{h'_1-h_1}{\theta}-\frac{h'_1}{T}\right),\qquad \log\frac{C_{2L}}{C_{2S}}=\frac{1}{R}\left(A+\frac{h'_2-h_2}{\theta}-\frac{h'_2}{T}\right);$$

$$3.\quad \log\frac{C_{1L}}{C_{1S}}=\frac{1}{R}\left(\frac{h_1}{T_1}+\frac{h'_1-h_1}{\theta}+\frac{h''_1-h'_1}{\theta'}-\frac{h''_1}{T}\right),\qquad \ldots;$$

h_1, h'_1, h''_1, $-h_2$, h'_2, h''_2 sont les dégagements de chaleur correspondant au passage d'un atome de la phase liquide à la phase solide. Ces chaleurs peuvent être positives ou négatives et semblent en rapport simple avec la chaleur de fusion des éléments purs. En désignant par ΔS_0 les variations d'entropie à la limite des zones, les relations précédentes peuvent s'écrire

$$(1)\qquad \log\frac{C_{1L}}{C_{1S}}=\frac{1}{R}\left(\Delta S_{1T_1}+\Sigma\Delta S_{10}-\frac{h^{(h)}}{T}\right),$$

$$(2)\qquad \log\frac{C_{2L}}{C_{2S}}=\frac{1}{R}\left(A+\Sigma\Delta S_{20}-\frac{h_2^{(h)}}{T}\right).$$

Ainsi pour toutes les solutions d'une même zone le changement de phase d'un atome produit le même effet thermique. Cette propriété commune, qui en conditionne beaucoup d'autres, caractérise un état intermédiaire entre les corps purs et les composés définis que nous proposons de nommer *cellide* pour rappeler que ses constituants en proportions variables son disposés dans une structure qui leur confère à chacun un niveau d'énergie constant. De tels cellides existent dans l'état liquide et dans l'état solide. Ils coexistent en équilibre pendant la solidification. Au passage d'un cellide à un autre la variation brusque des niveaux d'énergie compense à peu près le travail interne, de sorte que les manifestations extérieures sont très faibles et que l'on peut calculer la chaleur totale de solidification d'un alliage en ajoutant simplement les effets thermiques correspondant aux cellides successifs formés pendant la solidification.

Les deux exemples suivants illustrent ce qui précède et montrent que la notion de cellide rend compte d'observations inexpliquées jusqu'ici.

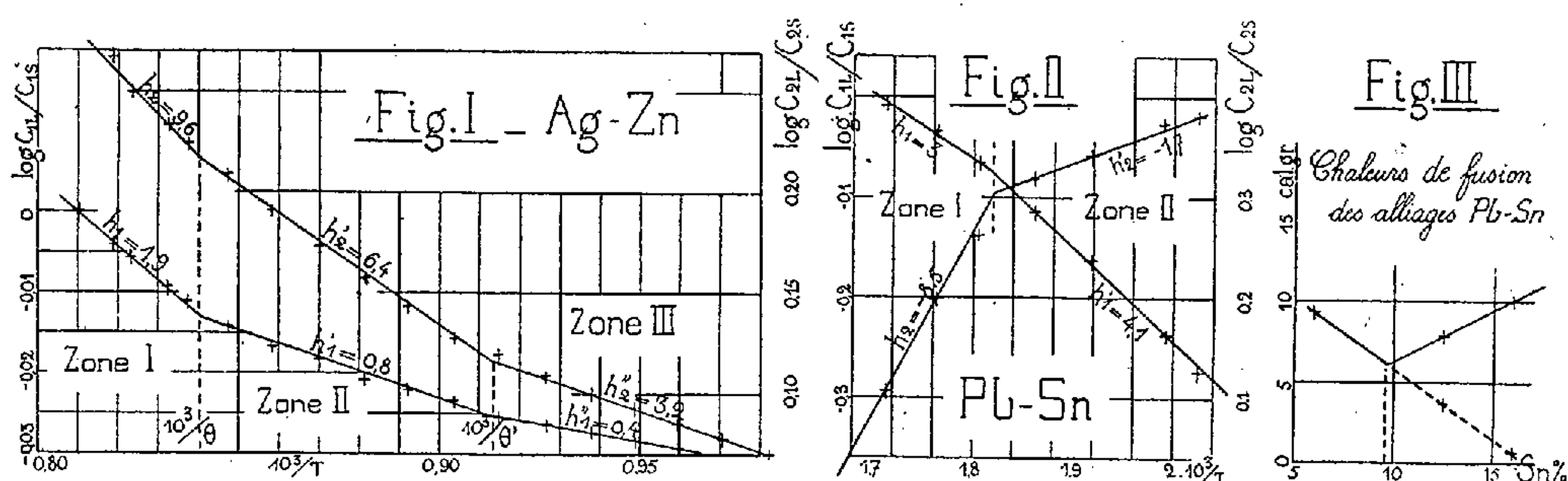
Solutions primaires de zinc dans l'argent. — La figure I représente les relations (1) et (2) calculées d'après le diagramme établi par H. Rothery [2]. Les limites des zones correspondent à des solides contenant 4 % et 15 % at. de zinc. Stockdale et ses collaborateurs constatent de très légères augmentations de la densité [3] et du paramètre des cristaux [4] pour des concentrations semblables.

---

[2] *P. T. Roy. Soc.*, 233, V, 1934, p. 65.
[3] *Inst. Met.*, 66, 1941, p. 287,
[4] *Inst. Met.*, 67, 1941, p. 79.

	Zn (at %).		
Limites des cellides solides	4	15	28
Maxima de densité (Stockdale)	2	15	28
Maxima du paramètre (Stockdale)	3	17	29

Ces résultats confirment la notiou de cellide et expliquent les maxima observés.



Solutions primaires d'étain dans le plomb. — La figure II représente les relations 1 et 2 calculées d'après le diagramme établi par Stockdale ([5]). Elle montre deux zones dont la limite commune correspond à un solide contenant 15,5 % at. d'étain. Stockdale signale que les coudes du solidus sur les courbes de refroidissement diminuent progressivement et disparaissent à partir de 16 % (poids) d'étain. Les chaleurs de fusion déduites des formules (1) et (2) sont représentées sur la figure III. On voit qu'elles peuvent s'annuler à partir de 16,5 % par suite de la persistance du premier cellide hors de son domaine dans les alliages lentement refroidis, ce qui explique l'anomalie observée.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Détermination de la carboxyréactivité des combustibles pour gazogènes à moteur.* Note (*) de MM. **Henri Guérin**, **Marcel Dupoizat**, **Georges Laplace** et **Lucien Hosti**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons appliqué à une trentaine d'échantillons de combustibles pour gazogènes à moteur la méthode décrite précédemment par deux d'entre nous ([1]) pour la détermination de la carboxyréactivité d'un combustible. Nous rappellerons que dans cette méthode on fait agir, dans des conditions précisées, une quantité connue d'anhydride carbonique sur un volume donné du charbon à essayer ($7^{cm^3},5$ de combustible passant à travers le tamis 20 et refusé au

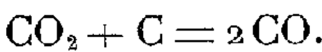
([5]) *Inst. Met.*, 49, 1932, p. 267.

(*) Séance du 5 décembre 1949.

([1]) H. Guérin et M. Dupoizat, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 165-167.

tamis 40). On opère aux températures de 800, 900, 1000, ou 1100°, la durée de contact étant de l'ordre de celle qui est réalisée dans les appareils d'utilisation. Dans cette série d'essais, cette durée était de l'ordre de 2/100 de seconde à 900°.

Après analyse des gaz extraits, on peut, connaissant les concentrations respectives en oxyde de carbone : C_{CO} et en anhydride carbonique : C_{CO_2}, de ces gaz, calculer pour chaque essai l'*indice de carboxyréactivité*, défini comme le pourcentage d'anhydride carbonique transformé en oxyde de carbone dans les conditions de l'essai, conformément à la réaction



$$CO_2 + C = 2CO.$$

Cet indice peut s'exprimer par la formule

$$\text{Indice de carboxyréactivité} = \frac{\frac{1}{2} C_{CO}}{\frac{1}{2} C_{CO} + C_{CO_2}} \times 100 = \frac{C_{CO}}{C_{CO} + 2 C_{CO_2}} \times 100.$$

TABLEAU.

Nos.	Nature des échantillons.	Indices de carboxyréactivité à 800°.	900°.	1000°.	1100°.	Teneurs (%) en matières volatiles.	Températures de combustion vive (°C).
	CHARBONS DE BOIS.						
	a. *Échantillons commerciaux.*						
1	....	11,6	20,4	46,5	86,2	15,7	330
2	....	7	13	44,5	84	17,75	345
3	....	6,6	15,8	35,2	64,5	22,37	275
4	Charbon comprimé (A).	3,9	15	44,5	81,5	15,30	375
5	» » (B).	6,4	13,3	36,8	69	18,30	315
	b. *Échantillons de laboratoire.* Origine :						
6	Hêtre..................	4,2	13,2	33,9	72	21	315
7	Aulne..................	3,6	11,18	29	60	18,60	375
8	Pin maritime..........	2,7	6,4	23	56	18,50	385
9	Palétuvier.............	1,7	5,3	17,8	36	42,20	275
10	Chêne................	1,1	3,45	11,1	26,2	20,10	385
	SEMI-COKES DE :						
1	Bruay................	0,56	1,4	3,10	7,30	14	490
2	Nœux................	0,40	0,50	1,70	5,40	8,15	525
	ANTHRACITES DE :						
1	Vicoigne..............	0,40	0,32	0,70	2	7,95	510
2	Grand'Combe.........	0,69	0,33	0,36	0,8	7,50	525

Dans le tableau ci-dessus sont donnés les indices de carboxyréactivité des échantillons examinés, leur teneur en matières volatiles et leur température de combustion vive. De l'examen des résultats, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° L'essai de carboxyréactivité proposé permet de différencier nettement non seulement des combustibles appartenant à diverses catégories, mais des échantillons d'une même catégorie.

C'est ainsi que pour des charbons de bois, nous constatons que l'indice de carboxyréactivité peut varier entre 2 et 11 à 800°, 20 et 86 à 1100°.

2° Comme on l'a déjà indiqué, la carboxyréactivité augmente très rapidement avec la température.

3° Étant données les variations observées des indices de carboxyréactivité, en fonction de la température, on doit obligatoirement effectuer la comparaison de ces derniers à la température la plus intéressante dans la pratique, à savoir celle de leur utilisation.

4° Aucune relation précise n'apparaît entre l'indice de carboxyréactivité d'une part, l'indice de matières volatiles et la température de combustion vive d'autre part, comme l'avaient admis parfois d'autres auteurs ([2]), ([3]) et ([4]).

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur l'équilibre tautomérique entre les méthylacènes et les méthylènedihydroacènes*. Note de M. **Gaston Berthier** et Mme **Alberte Pullman**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'énergie de résonance théorique des méthylacènes (A) est toujours supérieure à celle des méthylènedihydroacènes (B) correspondants, la différence entre les énergies de ces deux formes diminuant avec l'allongement de la chaîne ([1]). Ce résultat reste valable même quand on tient compte des incréments de résonance dus à l'hyperconjugaison des groupes CH_3 et CH_2. On serait donc tenté de prévoir que ces composés doivent exister essentiellement sous la forme (A), avec, peut-être, un faible pourcentage de la forme (B) pour les acènes supérieurs. Or, Clar et Wright ([2]) ont montré récemment que le dérivé du pentacène existe presque entièrement sous la forme (B) et que déjà le dérivé du naphtacène contient probablement une forte proportion de

([2]) A. A. Orning, *Ind. Eng. Chem.*, 36, 1944, p. 813-816.

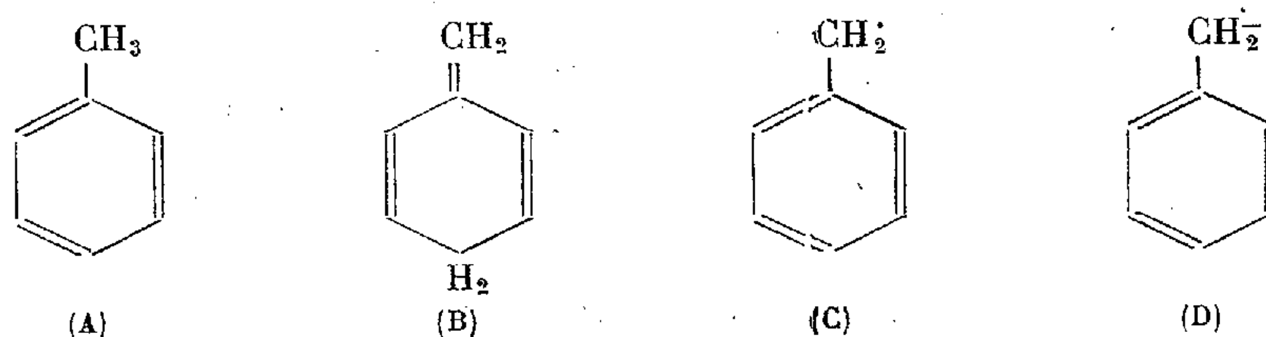
([3]) K. Bunte, *Z. Ang. Chem.*, 39, 1926, p. 132-138.

([4]) L. Markowski, *Khim. Tverdogo Topliva*, 7, 1936, p. 574-585; *Chim. et Ind.*, 37, 1937, p. 1081.

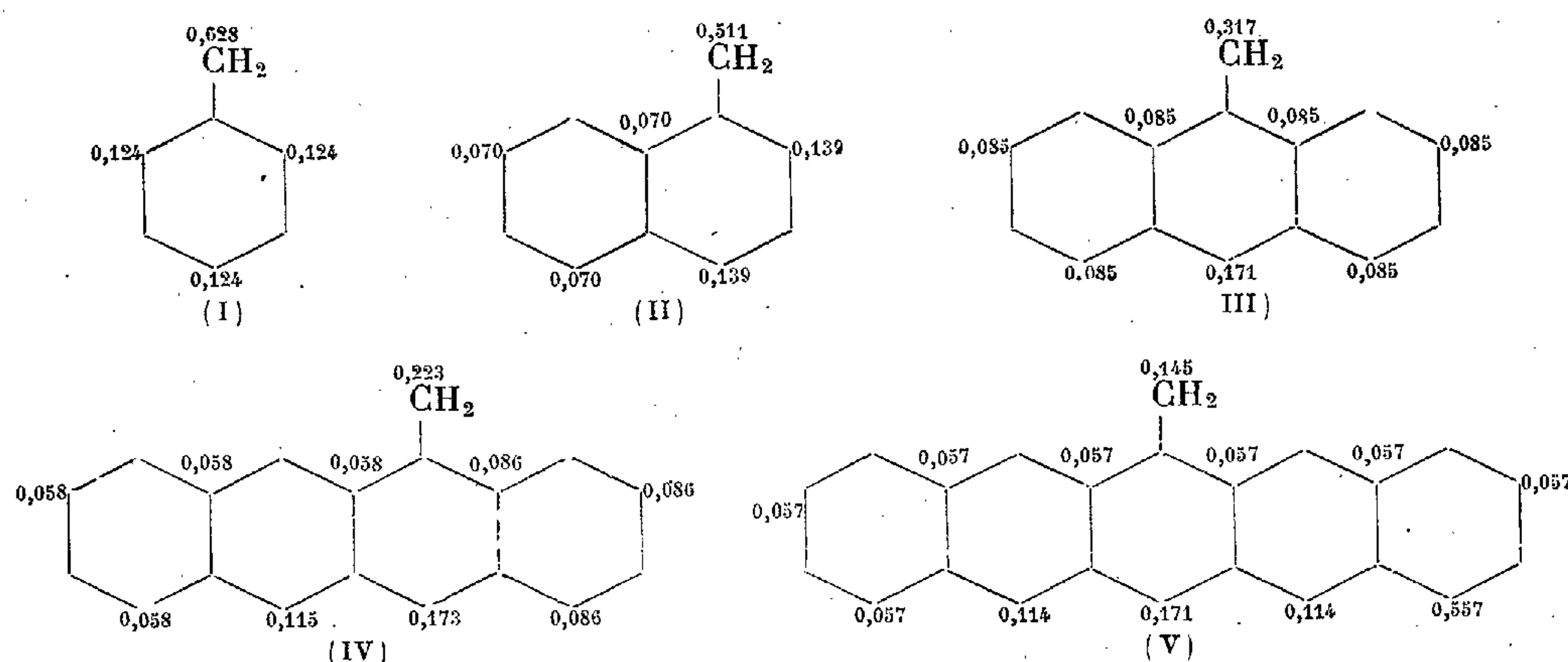
([1]) J. Syrkin et M. Diatkina, *Acta physicochimica U.R.S.S.*, 21, 1946, p. 641.

([2]) *Nature*, 163, 1949, p. 921.

cette forme. L'étude théorique d'une tautomérie par la seule comparaison des stabilités relatives des isomères en équilibre s'avère donc insuffisante.



Nous avons essayé de déterminer quelle devrait être la position de l'équilibre tautomère par un autre procédé : le passage d'une forme à l'autre mettant en jeu la rupture d'une liaison C — H, puis la formation d'une nouvelle liaison C — H ([3]), au lieu d'examiner les stabilités des formes initiale et finale nous avons étudié la structure électronique du composé intermédiaire, qui se trouve être le radical libre acylméthyle (C) ou l'ion correspondant (D) selon que l'on admet une rupture homo- ou hétéropolaire. La connaissance de la distribution de l'électron célibataire dans (C) ou de la charge négative dans (D) permet alors de prévoir sur quel élément de la périphérie moléculaire ira se fixer le radical $H^{\cdot}$ ou l'ion H^+. Dans cette Note nous avons supposé, pour la simplicité des calculs, que le composé intermédiaire est un radical libre, mais des considérations tout à fait analogues peuvent être développées dans le cas d'un ion. La figure 2 représente la distribution de l'électron célibataire dans les radicaux libres phénylméthyle-pentacylméthyle, évaluée selon un procédé décrit précédemment par l'un de nous ([4]).



([3]) Il a été démontré que la facilité de rupture d'une liaison C-H du méthyle, ainsi que le gain d'énergie de résonance qui en résulte, sont d'autant plus grands que le substituant est fixé sur un acène plus volumineux (B. Pullman *Comptes rendus*, 222, 1946, 1936). On observe une évolution inverse dans la série des méthylènedihydroacènes, ou le groupement $C = H_2$ du cycle devient de plus en plus solide à mesure que la chaîne s'allonge.

([4]) Mme A. Pullman, *Far. Soc. Disc.*, 2, 1947, p. 26.

On constate que la délocalisation de l'électron célibataire est d'autant plus prononcée que l'acène est plus grand. Dans les radicaux (I) et (II), la probabilité de présence de l'électron libre sur le carbone extracyclique est supérieure à 50 %, mais à partir de (III) la majeure partie de cet électron se trouve sur le cycle. Toutefois dans (III) et (IV) l'indice de valence libre du carbone extracyclique reste encore supérieur à celui de tous les autres carbones; c'est donc sur ce carbone que l'atome de H ira se fixer. *Par contre, dans* (V) *l'indice de valence libre maximum se trouve, pour la première fois, sur le carbone du cycle situé en para du groupe extracyclique* CH_2; *l'atome de* H *ira donc se fixer de préférence sur ce carbone, ce qui explique la prédominance de la forme* (B) *dans l'équilibre tautomérique du composé à cinq noyaux.* Dans (IV) l'indice de valence libre du carbone en para est assez proche de celui du carbone extracyclique pour rendre compte de la présence, à côté de la forme (A) qui domine, d'une forte proportion de la forme (B).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les variations d'absorption des corps organiques dans les séries homologues.* Note de M[mes] **Pauline Ramart-Lucas** et **Thérèse Guilmart**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Après avoir montré que les lois qui avaient été énoncées concernant les variations d'absorption qui se produisent lorsque, dans des séries homologues telles que $A(CH_2)^nB$ (A et B étant des chromophores quelconques), n prend des valeurs croissantes, ne pouvaient être retenues, l'une de nous a établi que, dans de telles séries, l'absorption cesse généralement de varier pour $n \geq 2$. A et B possèdent alors leur absorption *limite*, à laquelle correspond un comportement chimique *limite*, ainsi que cela a été constaté pour toutes les séries étudiées (pour $n > 2$ les vitesses et les énergies de réaction des fonctions restent constantes).

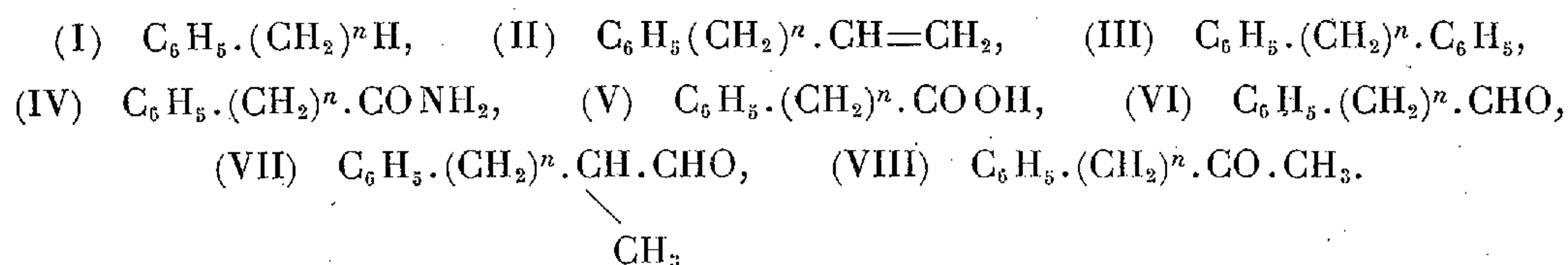
Ces lois simples, mais fondamentales, ont permis de découvrir des phénomènes qui ne pouvaient être prévus par nos schémas et qui, en fait, n'avaient pas même été envisagés (déformation électronique du carbone et de l'azote par effet stérique et par cyclisation, existence d'une isomérie nouvelle).

Cependant, ne disposant pas alors de microphotomètre, nous avions dû nous contenter de déterminer, de façon approximative, la forme et la position des bandes principales sans pouvoir étudier les bandes fines dont elles sont formées et, par suite, connaître les changements d'absorption trop faibles pour pouvoir être décelés par l'examen des plaques au comparateur.

Cette étude devait permettre de mieux préciser la valeur de n à partir de laquelle A et B possèdent leurs spectres *limites* et ainsi d'établir si cette valeur est indépendante de leur nature et si, pour les termes supérieurs, l'absorption reste rigoureusement constante. Dans le cas contraire, cela signifierait que l'influence mutuelle de A et B en tant que s'exerçant le long de la chaîne, ayant

cessé, il s'en manifeste une autre, mais cette fois dans l'espace, ayant pour effet d'amener les fonctions à proximité l'une de l'autre par un enroulement de la chaîne et de provoquer ainsi une variation dans les orbites électroniques des atomes fonctionnels soit par un *couplage*, soit par une déformation des angles valentiels.

Nous résumons ici les résultats obtenus par enregistrement au microphotomètre du spectre des six premiers termes de chacune des séries :



(I) $C_6H_5.(CH_2)^nH$, (II) $C_6H_5(CH_2)^n.CH{=}CH_2$, (III) $C_6H_5.(CH_2)^n.C_6H_5$, (IV) $C_6H_5.(CH_2)^n.CONH_2$, (V) $C_6H_5.(CH_2)^n.COOH$, (VI) $C_6H_5.(CH_2)^n.CHO$, (VII) $C_6H_5.(CH_2)^n.CH(CH_3).CHO$, (VIII) $C_6H_5.(CH_2)^n.CO.CH_3$.

Le spectre *limite* du noyau C_6H_5 est constitué, dans l'ultraviolet moyen, par une bande principale, formée elle-même de neuf bandes fines (soient A, B, C, D, E, F, G, H, I, ces bandes). Nous donnons (sauf pour la bande I) les positions des maxima d'absorption (exprimées en fréquences $\nu.10^{-12}$) des bandes présentes dans le spectre des trois premiers termes de (I) et, pour les autres séries, les maxima des bandes de chaque terme jusqu'à celui dans lequel le noyau aromatique possède son spectre *limite*, c'est-à-dire celui du toluène.

Série.	*n*.	A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	
(I)	0	1,117	–	1,149	–	1,176	–	1,205	1,234	$\nu\ 10^{-12}$
	1	1,117	1,134	1,147	1,156	1,176	1,185	1,205	1,237	»
	2	1,120	1,135	1,149	1,160	1,176	1,183	1,209	1,237	»
(II)	1	1,120	1,134	1,147	1,158	1,176	1,185	1,207	1,237	»
(III)	1	1,111	–	1,143	1,156	1,176	–	1,204	1,237	»
	2	1,120	1,134	1,147	1,163	1,176	1,181	1,207	1,237	»
(IV)	1	1,120	1,136	1,149	1,163	–	1,187	1,209	1,240	»
	2	1,120	1,134	1,149	1,163	1,178	1,185	1,211	1,240	»
(V)	1	1,120	1,136	–	1,163	–	1,185	1,209	1,237	»
	2	1,120	1,136	1,149	1,164	–	1,187	1,209	1,240	»
	3	1,124	1,136	1,151	1,163	1,181	1,187	1,211	1,240	»
(VI)	1	1,120	1,134	–	1,158	–	–	1,207	1,245	»
	2	1,120	1,134	1,147	1,160	1,174	1,185	1,209	1,237	»
(VII)	1	–	1,132	–	1,160	–	–	1,216	1,255	»
	2	1,120	1,132	1,145	1,158	1,176	1,185	1,207	1,237	»
(VIII)	1	1,128	–	–	1,154	–	1,181	1,205	–	»
	2	1,120	1,134	1,147	1,160	1,174	1,185	1,210	1,237	»

D'après ces résultats, si *n* est le nombre des carbones méthaniques de la chaîne qui unit le groupe fonctionnel au radical aromatique, celui-ci possède, aux erreurs d'expérience près, la même absorption (donc la même structure

électronique et par suite la même réactivité chimique), pour $n \geq 1$ dans les séries (I) et (II), pour $n \geq 2$ dans les séries (III), (IV), (VI), (VII) et (VIII). Enfin, dans la série des acides (V), l'absorption *limite* du noyau n'est atteinte que pour $n \geq 3$.

Les spectres des fonctions éthyléniques, amide, acide étant masqués par celui du noyau benzénique n'ont pu être étudiés. Une réserve s'impose donc en ce qui les concerne. Toutefois, il est à penser que, dans une série donnée, ces fonctions atteignent leurs propriétés *limites* pour les mêmes valeurs de n, comme nous l'avons constaté dans le cas des phénylcétones (VIII) dans lesquelles C_6H_5 — et $>C=O$ atteignent leurs absorptions *limites* pour le même terme.

En définitive : dans une série homologue telle que $C_6H_5-(CH_2)^n-B$ la variation d'absorption, provoquée par l'influence mutuelle des deux chromophores, n'est pas seulement fonction de n, mais aussi de la nature de B. Dans les séries étudiées, la valeur de n pour laquelle cette influence cesse de se manifester, du point de vue spectral, varie de 1 à 3.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des β-alcoyl-phénylhydrazines sur les composés carbonylés et absorption dans l'ultraviolet moyen des produits qui se forment.* Note (*) de M. **Panos Grammaticakis**, présentée par M. Marcel Delépine.

En vue d'obtenir des composés hydraziméthyléniques de forme (I), pratiquement et théoriquement intéressants, j'ai été conduit à étudier l'action des β-alcoyl-phénylhydrazines sur les composés carbonylés et sur leurs dérivés (acétals, etc.). A ma connaissance, il n'a été étudié jusqu'ici que l'action de la β-méthyl-phénylhydrazine sur le formol avec production de la diphényl-diméthyl-hexahydrotétrazine [1] (II) F 148°, et sur l'acétylacétate d'éthyle avec formation en quantités minimes de la 1-phényl-2.3 diméthyl-5 pyrazolone [2]. L'absorption dans l'ultraviolet moyen du composé (II) (courbe 4) [3] est semblable à celle de la phénylhydrazine (courbe 3) et des β-alcoyl-phénylhydrazines étudiées [4]

La présente Note contient quelques-uns des résultats obtenus au cours de ces recherches.

En chauffant la β-[1-phényl-propyl]-phénylhydrazine avec l'éthoxycrotonate d'éthyle de 140° à 180° jusqu'à cessation de distillation d'alcool, on obtient à côté d'autres produits (NH_3 en quantités importantes, etc.), un

(*) Séance du 5 décembre 1949.

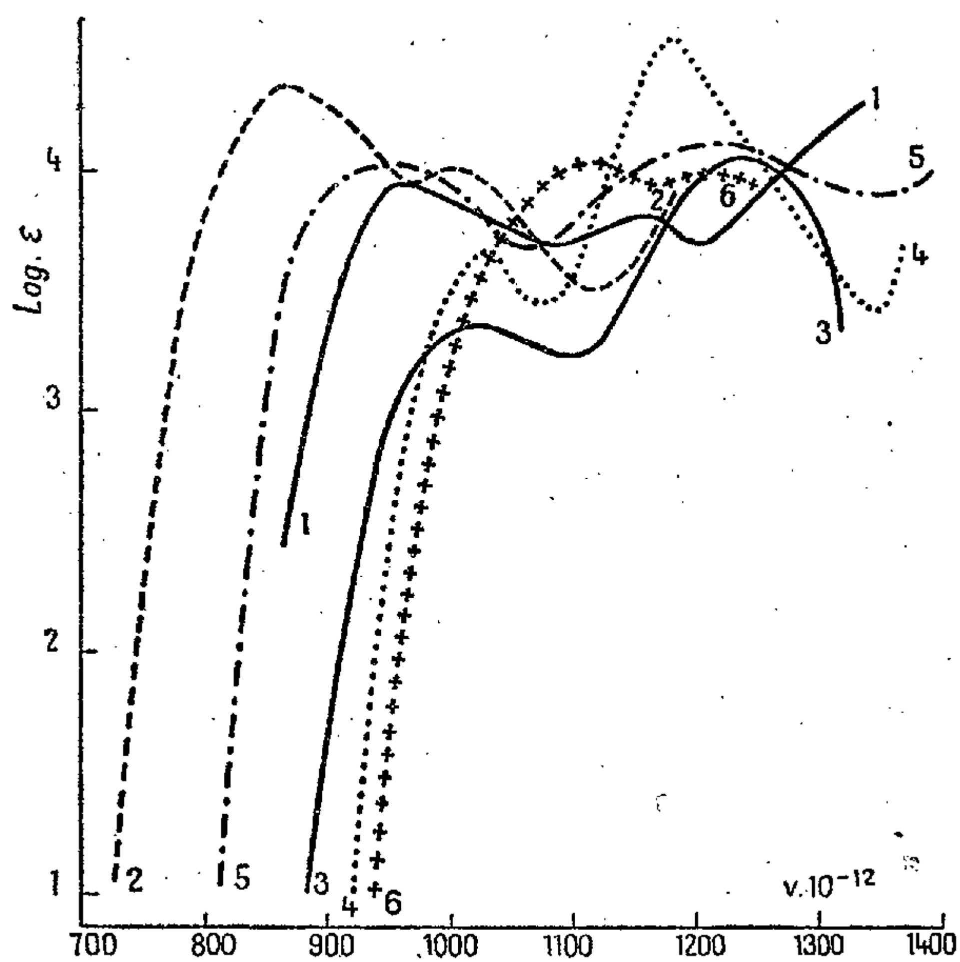
[1] Knorr et Weidel, *Ber. d. chem. Ges.*, **42**, 1909, p. 3526.

[2] Knorr, *Liebig's An.*, 238, 1881, p. 160.

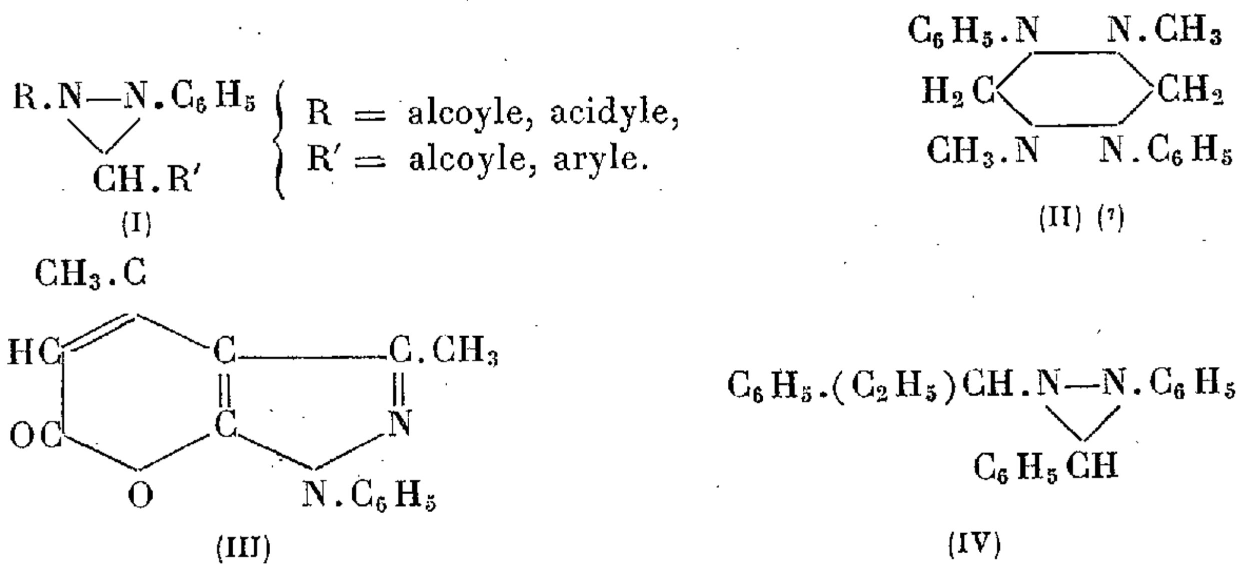
[3] Les mesures d'absorption dans l'U. V. moyen de tous les composés étudiés ici, ont été effectuées en milieu alcoolique (95 %).

[4] *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **14**, 1947, p. 442.

composé ([5]) (F 147°, aig. incolores dans le toluène) identique à celui obtenu par



action de l'acétylacétate d'éthyle (ou de l'éthoxycrotonate d'éthyle) sur la phénylhydrazine et représenté par la formule (III) ([6]).



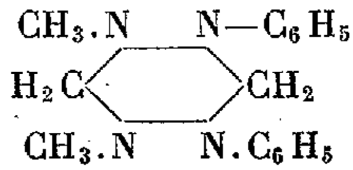
La formation du composé (III) à partir de la β-alcoyl-phénylhydrazine pré-

---

([5]) La formule $C_6H_5.(C_2H_5)CH.N\text{—}N.C_6H_5$ (pont CO) suggérée précédemment (*Praktikæ de l'Académie d'Athènes*, 16, 1941, p. 118) pour le composé 147° ne doit pas être retenue.

([6]) Stollé, *Ber. d chem. Ges.*, 38, 1905, p. 3856.

([7]) Ou



cédente implique sa désalcoylation dont le mécanisme ([8]) sera étudié dans un Mémoire ultérieur.

Le spectre du composé (III) (courbe 5) présente la même forme que les spectres des dérivés alcoylés de la 1-phényl-5-pyrazolone ([9]) et en particulier le spectre de la 1-phényl-2-benzyl-3-méthyl-5-pyrazolone F 119° (courbe 6). Les courbes de ces deux substances, constituées des deux bandes d'intensité à peu près égale, présentent des différences surtout dans la largeur de leurs bandes et dans la position des bandes les plus proches du visible.

Enfin, en chauffant de 140 à 190° un mélange équimoléculaire de l'acétal du benzaldéhyde et de la β-[1-phényl-propyl]-phénylhydrazine jusqu'à cessation de distillation d'alcool, on obtient, à côté des produits de décomposition (NH_3, etc.), un composé que l'on peut considérer comme étant probablement la 1.3-diphényl-2-[1-phényl-propyl]-hydraziméthylène (IV), $C_{22}H_{22}N_2$. $É_{14}$ 240-243°; F environ 132° (aig. incolores dans l'alc.). Il est très soluble dans le benzène, l'éther et peu soluble dans l'éther de pétrole. A ma connaissance, aucun composé du type I n'a été signalé jusqu'ici.

La bande d'absorption la plus proche du visible du composé (IV) (courbe 1) est située entre les bandes correspondantes de la phénylhydrazone du benzaldéhyde (courbe 2) et de la phénylhydrazine. Mais la forme de la courbe de ce même produit (IV) se rapproche plutôt de celle de la phénylhydrazone du benzaldéhyde que de la phénylhydrazine.

Je poursuis ces recherches.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode générale de synthèse du méta crésol et de ses homologues méta alcoylés.* Note de MM. **Georges Darzens** et **Georges Lévy**, transmise par M. Marcel Delépine.

Dans une Note déjà ancienne ([1]) nous avons montré que l'on pouvait transformer directement en phénols des cétones du type de la cyclohexanone en les déshydrogénisant par l'action du soufre à haute température.

Il nous a paru intéressant de rechercher si la même réaction ne serait pas possible avec les cyclohexénones dont les dérivés méta méthylés et alcoyles sont facilement accessibles par la méthode générale de Knœvenagel ([2]).

Cette méthode consiste en effet à condenser deux molécules d'ester acétylacétique avec une molécule d'un aldéhyde R—COH en présence d'une petite

---

([8]) Déshydrogénation en phénylhydrazone de la propiophénone et décomposition de celle-ci avec formation de phénylhydrazine.

([9]) D. Biquard et P. Grammaticakis, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 8, 1941, p. 250.

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 181.

([2]) Knœvenagel et Klages, *Ber. d. deutch. chem. Gesel.*, 36, 1903, p. 2150; *Ann. der Chem.*, 281, 1894, p. 45, 97 et 111; 288, 1895, p. 329, 336, 357, 359 et 368.

quantité d'une base organique forte comme la diéthylamine ou la pipéridine. On obtient ainsi, avec un très bon rendement, un diester d'un diacide céto-cyclohexénique de formule (I) qu'il suffit de saponifier et de décomposer avec perte d'acide carbonique pour obtenir une cyclohexénone méta méthylée et alcoylée de formule (II).

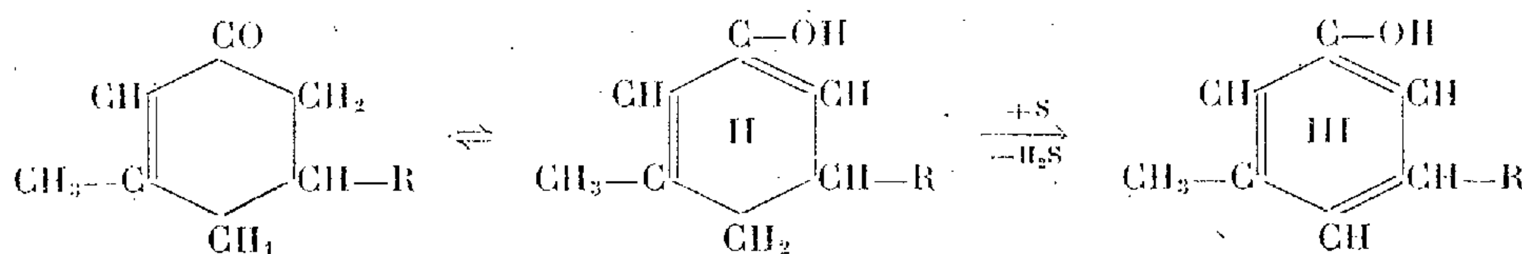
CO
CH_3 — CH_2—$CO_2C_2H_5$
+
CH_3—CO— COH—R
CH_2
|
$CO_2C_2H_5$

→

CO
CH — CH—$CO_2C_2H_5$
I
CA_3—C — CH—R
CH
|
$CO_2C_2H_5$
↓
CO
CH — CH_2
II
CH_3—C — CH—R
CH_2

L'expérience a pleinement confirmé cette suggestion et il en résulte une excellente méthode générale de synthèse du méta crésol et de ses homologues méta alcoylés, d'autant plus intéressante qu'il n'existe pas, à notre connaissance, de méthodes pratiques pour accéder à ces phénols [formule (III)].

La transformation de ces cyclohexénones en phénols par l'action du soufre est le résultat d'une oxydation ou, plus exactement, d'un enlèvement de deux atomes d'hydrogène comme le montre le schéma



Cette réaction exige une température de 230° à 240° et elle est avantageusement réalisée sous pression, en autoclave ou tube scellé. L'hydrogène sulfuré qui se forme, loin de nuire comme on aurait pu le craindre, exerce, au contraire, une action favorable, sans doute en augmentant la solubilité du soufre dans la masse.

Cette technique est d'ailleurs absolument nécessaire pour la cyclohexénone dont le point d'ébullition de 199°-200° à la pression ordinaire est inférieure à celle exigée. Lorsque la réaction est terminée, ce qui nécessite 10 à 12 heures, on reprend le produit par de la soude étendue qui dissout le phénol formé et cette solution, après filtration, est épuisée à l'éther de pétrole pour en extraire les parties non phénoliques. Le phénol est enfin précipité par un acide minéral ou un courant d'acide carbonique, et extrait suivant la technique habituelle.

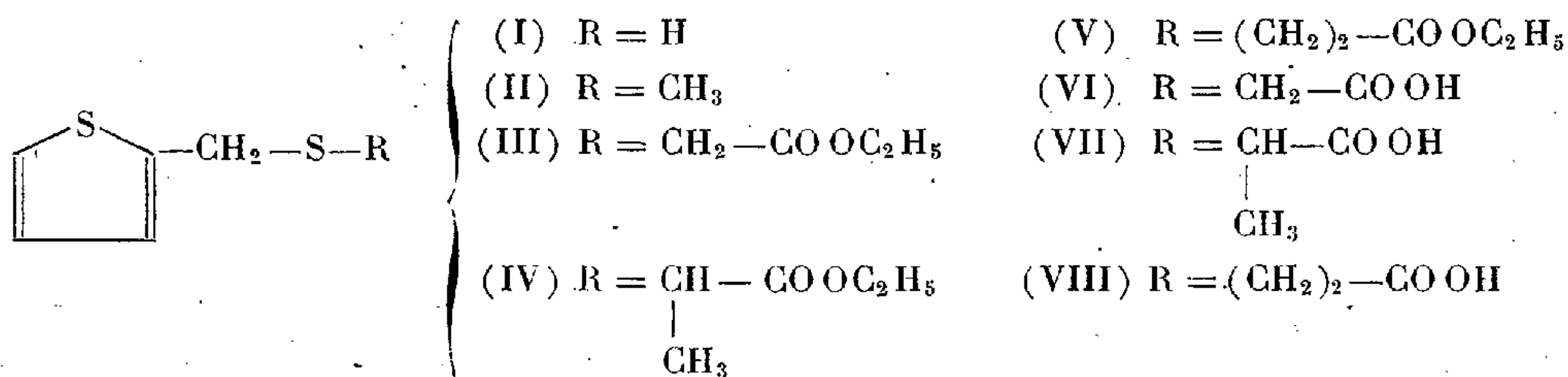
La méthylcyclohexénone, obtenue par la condensation de l'ester acétylacétique avec le formol, donne ainsi le méta-crésol pur, cristallisé et fondant vers 10° avec un rendement de près de 95 %. La diméthylcyclohexénone provenant

de la condensation de l'ester acétylacétique avec l'aldéhyde acétique, nous a donné le métaxylénol symétrique fondant à 64° et se trouvant en petite quantité dans le goudron de houille et les goudrons obtenus par distillation des bois de chêne et de bouleau d'où il est difficile de l'extraire.

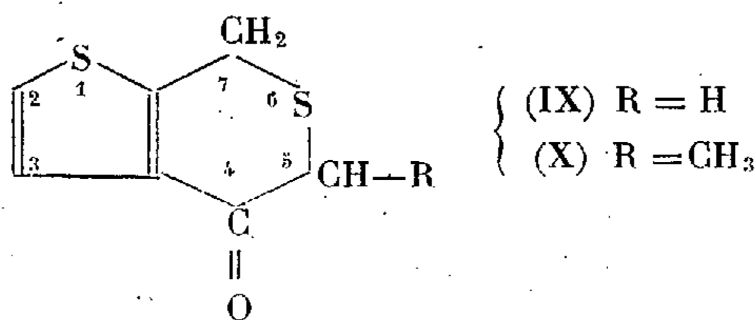
Enfin la condensation de l'ester acétylacétique avec l'aldéhyde pivalique, c'est-à-dire le triméthylacétaldéhyde, nous a donné une méthyl-butyl tertiaire cyclohexénone distillant à 130° sous 12^{mm} et un méthyl-butyltertiaire phénol symétrique distillant à 135-137° sous 13^{mm}, dérivés qui n'avaient pas encore été préparés. Tour ces phénols à structure symétrique présentent la propriété importante de pouvoir, à leur tour, donner facilement des dérivés trisubstitués. C'est ainsi qu'ils donnent facilement des dérivés trinitrés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude du thényl-2 thiol et de ses dérivés.* Note de M. **Paul Cagniant**, transmise par M. Marcel Delépine.

Le thényl-2 thiol (I) a été sodé dans l'alcool absolu puis condensé avec l'iodure de méthyle, le bromacétate d'éthyle, l'α-bromopropionate d'éthyle et le β-bromopropionate d'éthyle. On obtient respectivement : le (thényl-2)-méthylthioéther (II), le (thényl-2)-mercaptoacétate d'éthyle (III), l'α-(thényl-2)-mercaptopropionate d'éthyle (IV) et le β-(thényl-2)-mercaptopropionate d'éthyle (V). La saponification des esters (III), (IV) et (V) conduit facilement aux acides correspondants (VI), (VII) et (VIII).



Ces acides ont été transformés en chlorures par action de $SOCl_2$, puis soumis à l'action cyclisante de Cl_4Sn en solution sulfocarbonique; seuls les chlorures des acides (VI) et (VII) ont pu être ainsi cyclisés respectivement en céto-4 tétrahydro-4.5.6.7 thia-6 thionaphtène (IX) et céto-4 méthyl-5 tétrahydro-4.5.6.7 thia-6 thionaphtène (X). Le chlorure de l'acide (VIII), dans ces conditions, est complètement résinifié. Si l'on opère de même avec Cl_3Al comme catalyseur au lieu de Cl_4Sn, on n'obtient dans tous les cas que des produits résineux.



Description des corps nouveaux obtenus. — (I) $C_5H_6S_2$ (¹), E_{15} 86°, $d_4^{19,5}$ 1,168, n_D^{15} 1,5750, obtenu avec environ 80% de rendement par chauffage de l'α-chlorométhylthiophène avec la thiourée en solution acétonique; le chlorure de (thényl-2)-isothiouronium [($C_6H_9N_2S_2Cl$, F 163°, cristaux incolores) (benzène-alcool)] rapidement obtenu est décomposé en (I) par la soude aqueuse à 10%. — (II). $C_6H_8S_2$, E_{15} 94°,5, $d_4^{20,5}$ 1,146, n_D^{20} 1,5775, liquide mobile incolore, d'odeur forte et désagréable; donne avec Cl_2Hg, en solution alcoolique, un dérivé caractéristique et reproductible fondant instantanément à 113° avec décomposition, poudre incolore (alcool). — (III). $C_9H_{12}O_2S_2$, $E_{15,5}$ 160°, $d_4^{20,5}$ 1,192, n_D^{20} 1,5452, liquide incolore d'odeur peu prononcée; acide correspondant (VI) $C_7H_8O_2S_2$, E_{16} 196°,5, d_4^{22} 1,319, n_D^{20} 1,5898, huile incolore ne cristallisant pas; chlorure correspondant $C_7H_7OS_2Cl$, E_{16} 150°, liquide faiblement coloré; amide correspondant $C_7H_9ONS_2$, F 102°,5 longues aiguilles brillantes incolores (benzène-éther de pétrole). — (IV). $C_{10}H_{14}O_2S_2$, E_{14} 155°, d_4^{19} 1,187, n_D^{20} 1,5470, liquide incolore; acide correspondant (VII) $C_8H_{10}O_2S_2$, E_{14} 194°, F 62°, cristaux incolores (éther de pétrole); chlorure correspondant $C_8H_9OS_2Cl$, $E_{14,5}$ 150°; liquide peu coloré; amide correspondant $C_8H_{11}ONS_2$, F 94°, paillettes brillantes (benzène-éther de pétrole). — (V). $C_{10}H_{14}O_2S_2$, E_{15} 175°, $d_4^{20,3}$ 1,170, n_D^{20} 1,5424, liquide incolore; acide correspondant (VIII) $C_8H_{10}O_2S_2$, E_{16} 204°, F 70°,5, cristaux incolores (éther de pétrole); chlorure correspondant $C_8H_9OS_2Cl$, F_{15} 175°, liquide à peine coloré; amide correspondant $C_8H_{11}ONS_2$, F 94°, larges paillettes nacrées incolores (éther de pétrole) (le point de fusion mélangé de cet amide et de son isomère précédent présente un abaissement considérable). Cétone (IX) $C_7H_6OS_2$, E_{15} 167°, F 41°,5, beaux cristaux incolores d'odeur cétonique (éther de pétrole); oxime $C_7H_7ONS_2$, F 135°, petites paillettes brillantes incolores (benzène-éther de pétrole); semicarbazone, $C_8H_9ON_3S_2$, F_{inst} 288°, poudre incolore (alcool). Cétone (X) $C_8H_8OS_2$, E_{16} 170°, huile légèrement colorée; oxime $C_8H_9ONS_2$, F 151°, petites paillettes brillantes (benzène-éther de pétrole); semicarbazone $C_9H_{11}ON_3S_2$, F_{inst} 259°,5, poudre microcristalline incolore (alcool). La cétone (IX) est une des isologues soufrés du céto-4 isothiachromane de Lesser et Mehrlander (²).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un isomère* méta *de la chloromycétine*. Note de MM. **Buu-Hoï** et **Ng. H. Khôi**, transmise par M. Marcel Delépine.

La chloromycétine (*d*-(—)-*thréo*-dichloracétamino-2 paranitrophényl-1 propanediol-1,3) (I) est remarquable non seulement par la présence dans sa molécule de groupements inconnus auparavant dans la nature, mais aussi par le fait que c'est le premier antibiotique naturel important dont la synthèse industrielle est actuellement possible.

Les relations entre la structure moléculaire et le pouvoir antibiotique de ce corps sont encore très peu connues (¹), et, de ce fait, la préparation des divers isomères possibles de la chloromycétine constitue une tâche urgente. Nous

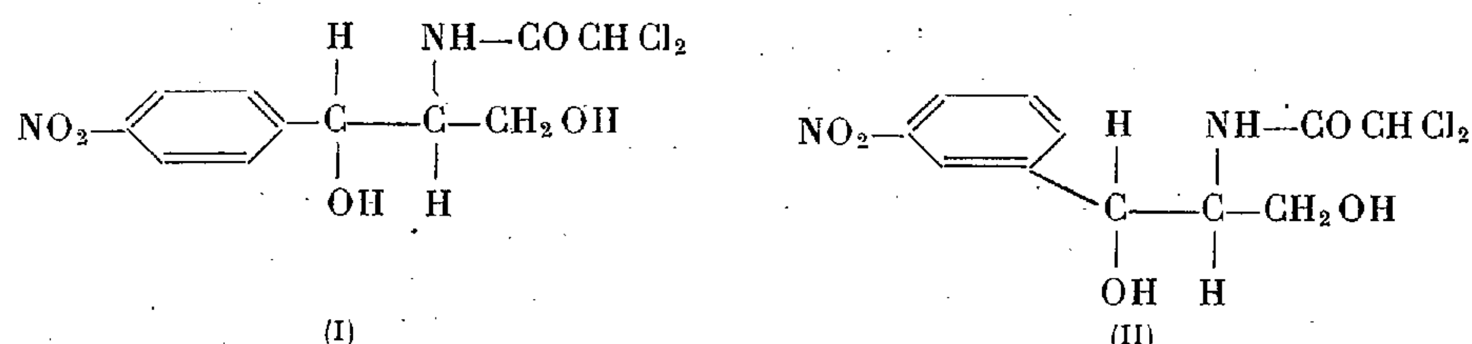
---

(¹) Signalé tout récemment par Kipings et Ornfelt (*J. Amer. Chem. Soc.*, **71**, 1949, p. 3571), qui n'en donnent pas les caractéristiques physiques.

(²) *Ber. deütsch. chem. Ges.*, 56, 1923, p. 1642.

(¹) *Voir* à ce sujet Rebstock, Crooks, Controulis et Bartz, *J. Am. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 2460.

décrivons ici la synthèse d'un isomère *méta*, que nous pensons être le (*d*, *l*)-*thréo*-dichloracétamino-2 métanitrophényl-1 propanediol-1,3 (II). Cette synthèse, inspirée de la synthèse de la chloromycétine elle-même de Loren M. Long et Troutman ([2]), comprend six stades



à partir de l'ω-bromo-métanitroacétophénone (III), déjà préparée par Korten et Scholl ([3]).

1. Le dérivé ω-bromé (III) est converti en amine au moyen de la réaction de Delépine : condensation avec l'hexaméthylènetétramine en un *composé d'addition* (IV) (solvant : chlorobenzène; $t^\circ = 50^\circ$), cristallisant de l'alcool en petits prismes incolores F 175° (décomp); le complexe (IV) est converti par ClH concentré (dans l'alcool; 16 h à 20°) en *chlorhydrate* de *m-nitrophénacylamine* (V) cristallisant de l'acide dilué en petits prismes incolores, F 235-240° (décomp); rendement 81 %.

2. L'action de l'anhydride acétique sur le composé (V) à froid et en présence d'acétate de sodium conduit à *l'α-acétamino-m-nitroacétophénone* (VI), cristallisant de l'acétate d'éthyle en fines aiguilles jaunâtres, F 143° ($\rho = 60\%$).

3. L'action du formol (à 35 %) sur le composé (VI), conduit, en milieu alcoolique et en présence de CO_3HNa *pur* (2 heures à 35°) à *l'α-acétamino-β-hydroxy-m-nitropropiophénone* (VII), formant (de l'acétate d'éthyle) des aiguilles incolores, F 161-162° ($\rho = 83\%$); si le bicarbonate de sodium employé est souillé de carbonate, on aboutit à la *bis*-(*métanitrophényl*)-1,5 *bis* (*acétamino*) 2,4 *pentadione*-1,5 (X), cristallisant de l'acétone en aiguilles incolores F vers 250° (déc.).

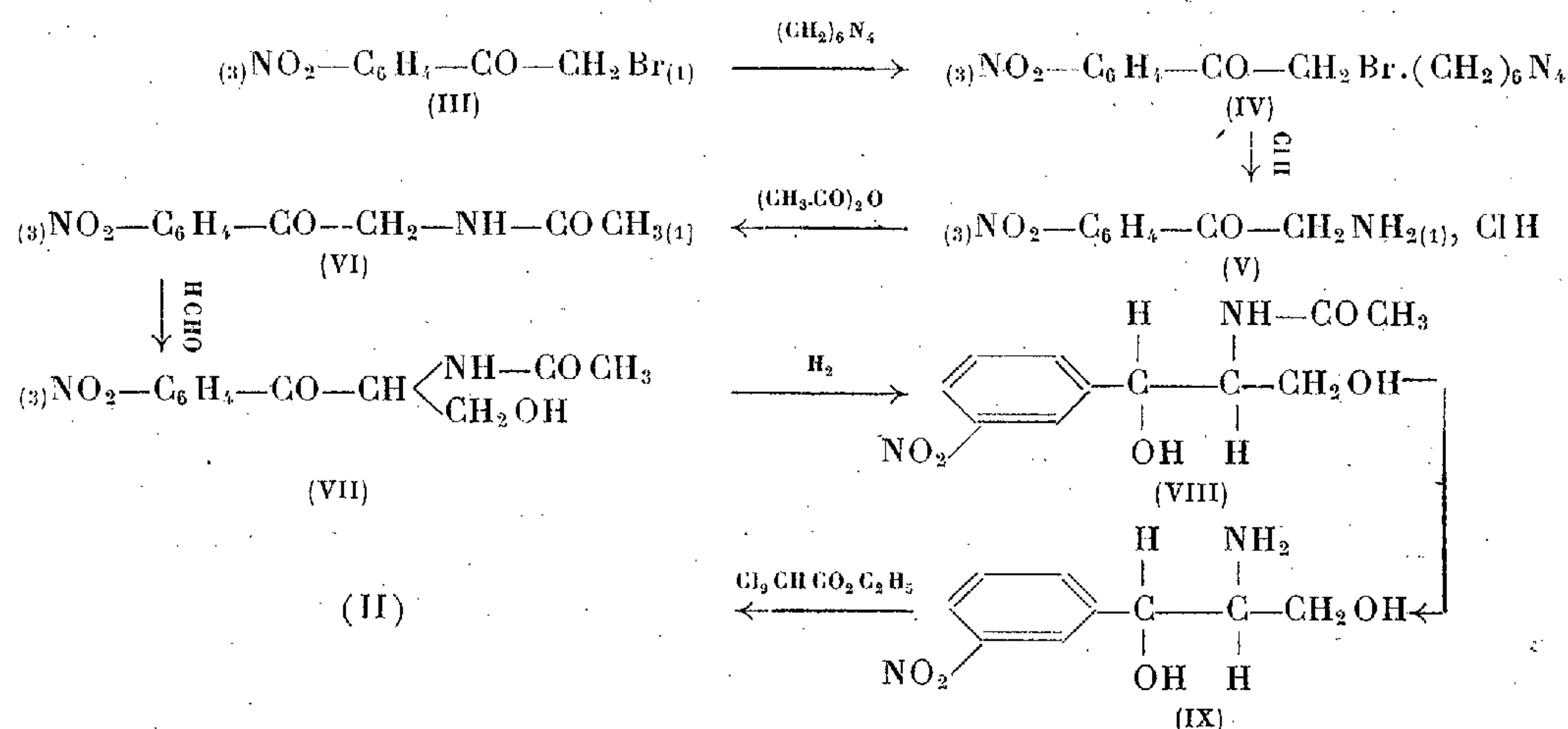
4. La réduction du corps (VII) par l'isopropylate d'Al selon la méthode de Meerwein-Ponndorf (solvant : isopropanol; durée : 6 heures) conduit au (*d*, *l*)-*thréo*-métanitrophényl-1 acétamino-2 propanediol-1,3 (VIII) cristallisant de l'eau en aiguilles incolores F 171-172°. Nous assumons que ce corps appartient à la lignée *thréo* (sans pouvoir en être sûrs) par analogie avec le cas de la réduction de l'α-acétamino-β-hydroxy-*p*-nitropropiophénone ([2]) qui a fourni presque exclusivement le diastéréoisomère *thréo*, le diol *érythro* ne s'étant formé qu'en proportions infimes.

5. Le dérivé (VIII), traité par ClH à 5 % ($t^\circ = 95^\circ$, 2 heures), donne après alcalinisation à la soude, le (*d*, *l*)-*thréo-métanitrophényl*-1 *amino*-2 *propanediol*-1,3 (IX) cristallisant de la ligroïne ou de l'eau en prismes incolores F 129°.

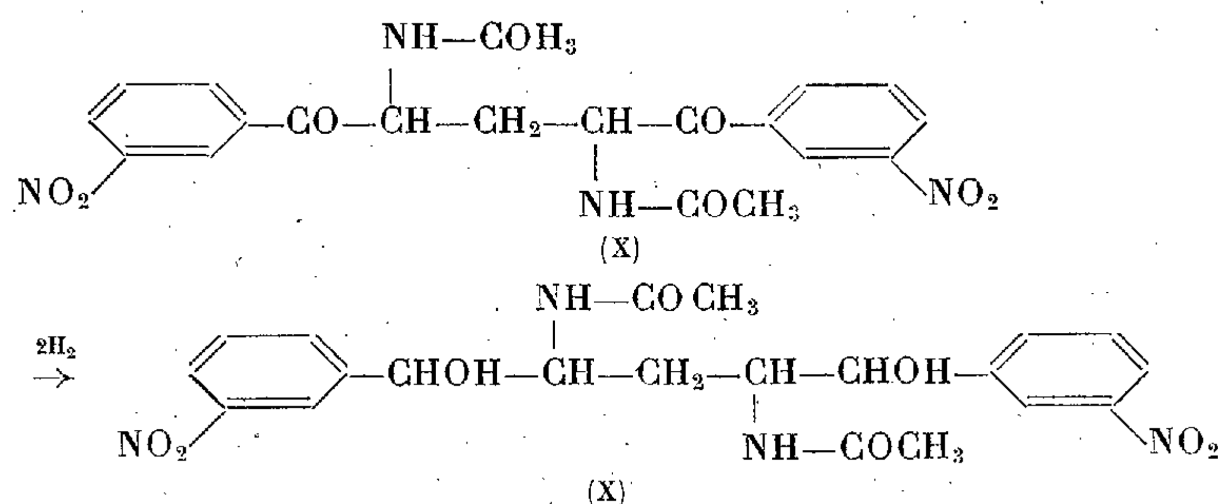
6. La base (IX), chauffée 2 heures avec le dichloracétate d'éthyle au bain-marie, conduit au (*d*, *l*)-*thréo-métanitrophényl*-1 *dichloracétamino*-2 *propanediol*-1,3 (II), cristallisant de l'eau en fines aiguilles incolores F 153°

([2]) *Ibid.*, 71, 1949, p. 2469, 2473.
([3]) *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 34, 1901, p. 1909.

Le schéma suivant résume cette synthèse



Signalons enfin que la réduction du composé (X) par la méthode de Meerwein-Poundorf a fourni aisément le *bis-(métanitrophényl)*-1,5 *bis (acétamino)*-2,4 *pentadiol*-1,5 (XI), cristallisant de l'acétate d'éthyle en prismes incolores, F 215-220° (décomp.).



CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les sulfates neutres de diols.* Note de MM. **Jean Lichtenberger** et **René Kircher**, transmise par M. Marcel Delépine.

Poursuivant les recherches de l'un de nous ([1]) sur la préparation et les propriétés des sulfates neutres cycliques des diols β, nous avons engagé l'un des plus faciles à préparer et l'un des plus intéressants en raison de sa structure dissymétrique, celui du butane diol-1.3 : $CH_3—CH—CH_2—CH_2—O—SO_2$,



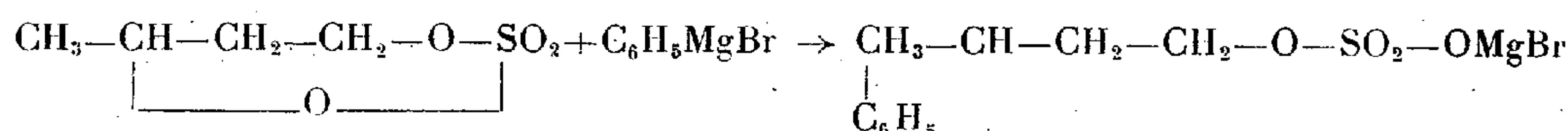
dans les réactions ci-après :

1. *Condensation avec les hydrocarbures aromatiques.* — Contrairement à ce

([1]) J. Lichtenberger et R. Lichtenberger, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 1002.

qui a lieu avec les sulfates cycliques d'alcoylène (sulfate de méthylène ou de glyoxal), le sulfate cyclique ci-dessus ne réagit pas, par simple cohobage, avec le benzène; l'action catalytique d'une trace d'acide benzène-sulfonique suffit, il est vrai, à déclencher une réaction qui conduit à des masses résineuses à caractère d'agent mouillant [*voir* à ce sujet ([2])], et de constitution incertaine. Par contre, en présence de chlorure d'aluminium, le sulfate cyclique se comporte comme les sulfates neutres à chaîne ouverte et comme les dérivés dihalogénés, et l'on obtient un diphényl butane; celui-ci au lieu d'être le diphényl-1.3 butane de structure dissymétrique attendu, est le diphényl-2.3 butane (méso) (Rdt 21 %), résultant sans doute d'un réarrangement vers une forme plus symétrique; il est accompagné du phényl-2 butane (Rdt 31 %), qui résulte d'une action dégradante du chlorure d'aluminiun sur le diphényl-1.3 butane, ainsi que nous l'avons vérifié sur un diphényl-1.3 butane obtenu par une autre voie; des phénomènes du même ordre se rencontrent avec les dérivés dihalogénés ([3]).

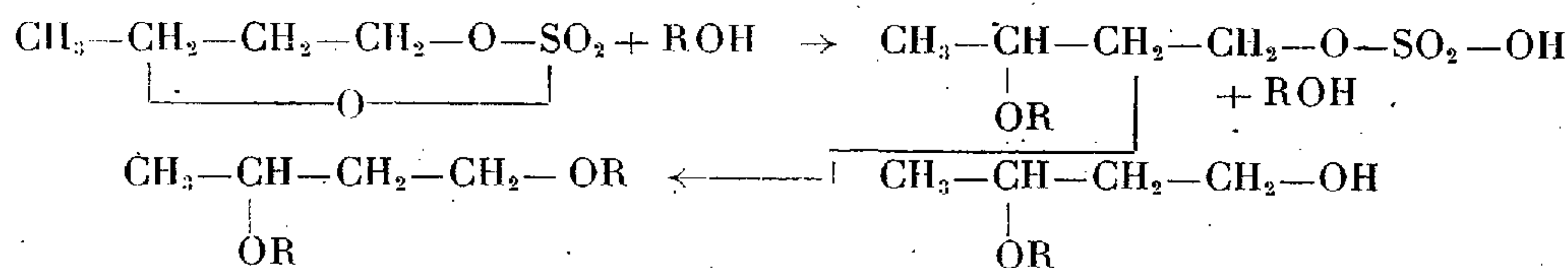
2. *Réaction avec les organomagnésiens.* — Le sulfate cyclique du butanediol-1.3 réagit, à la température d'ébullition de l'éther, sur le bromure de phénylmagnésium avec formation de sel bromomagnésien de l'ester sulfurique du phényl-3 butanol-1



qui peut être ensuite hydrolysé en phényl-3 butanol-1 (Rdt 17 %). La vitesse d'estérification permet de confirmer la nature primaire de cet alcool, déjà connu, ainsi que les phényl-butanes précités.

A température plus élevée, au sein du toluène, deux molécules du dérivé magnésien entrent en jeu et l'on obtient le diphényl-1.3 butane (Rdt 22 %), à côté de faibles quantités de l'alcool précité.

3. *Réaction avec les alcools et les phénols.* — Comme c'est le cas avec l'eau, les alcools provoquent l'ouverture rapide du cycle sulfate au niveau du carbone secondaire avec formation du sulfate acide du mono-éther qui, à son tour, évolue, mais plus lentement, aussi bien vers la formation de di-éther que vers celle du mono-éther-alcool.



([2]) I. G. FARBEN et GAUTHIER, *D. R. P.* 526.279, 1927.

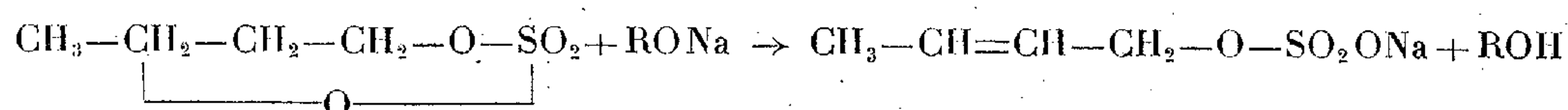
([3]) BODROUX, *Comptes rendus*, 132, 1901, p. 1334.

Ces deux derniers produits sont aisément séparables en passant par le phtalate acide du monoéther-alcool.

La vitesse d'estérification des monoéther-alcools permet de confirmer la nature primaire du groupe alcool.

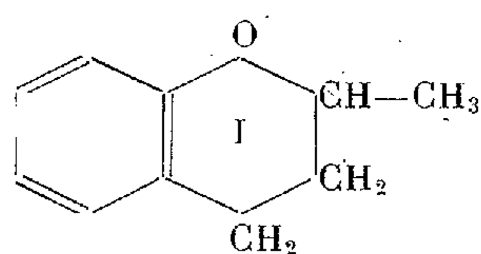
Dérivés obtenus pour R =		Point d'ébullition.	Indice de réfraction.	Densité.
$n.C_3H_7$	monoéther.......	E_{18} 78-80°	n_D^{20} 1,4205	d_4^{23} 0,8834
	diéther..........	E_{20} 76-78	n_D^{20} 1,4103	d_4^{23} 0,8239
$n.C_4H_9$	monoéther.......	E_{17} 92-94	n_D^{12} 1,4279	d_4^{12} 0,8901
	diéther..........	E_{14} 105-105,5	n_D^{12} 1,4207	d_4^{12} 0,8393
$iso.C_5H_{11}$	monoéther.......	E_{19} 100-101	n_D^{20} 1,4275	d_4^{23} 0,8768
	diéther..........	E_{18} 118-121	n_D^{20} 1,4220	d_4^{23} 0,8747

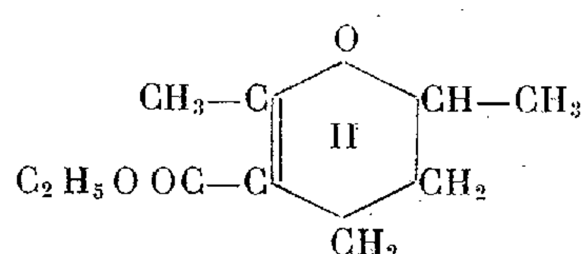
Avec les alcoolates, une réaction de déshydratation se superpose à l'ouverture du cycle et l'on obtient le sulfate acide de l'alcool crotylique,



éthérifiable par la suite en oxyde de crotyle et d'alcoyle; les meilleurs rendements en ces éthers s'obtiennent en travaillant au sein du toluène.

Avec les phénols, l'ouverture du cycle a lieu aussi, mais le noyau aromatique participe à la réaction : on obtient un produit de formule moléculaire $C_{10}H_{12}O$(E_{15} 103-105°; n_D^8 1,5437; d_4^8 1,0460), donc isomère de l'oxyde de phényle et de crotyle, mais en différant par l'absence de caractères alcéniques. On pourrait hésiter ici entre le méthyl-2 et le méthyl-4 chromanne. Il est très probable qu'il s'agit ici du méthyl-2 chromanne (formule I). Cette supposition cadre en effet avec le mode d'ouverture du cycle observé dans le cas des alcools; d'autre part, en faisant réagir le sulfate neutre cyclique sur le dérivé sodé de l'ester acétylacétique, on obtient l'ester éthylique de l'acide diméthyl-2.6 dihydro-2.3 pyranne-1.4 carboxylique-5 (formule II) déjà connu, où l'enchaînement des atomes de carbone est le même que dans le méthyl-2 chromanne.





Avec le phénate, par contre, on obtient une réaction d'alcoylation normale du phénol, avec formation du diphényléther de butane diol-1.3; E_2 174-178°; n_D^{12} 1,5594; d_4^{12} 1,0744; Rdt calculé 72.17; trouvé 72.81.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les composés dihydrofuranniques : Acide dihydro 4.5-furoïque et dérivés.* Note de M. **Henri Normant**, transmise par M. Marcel Delépine.

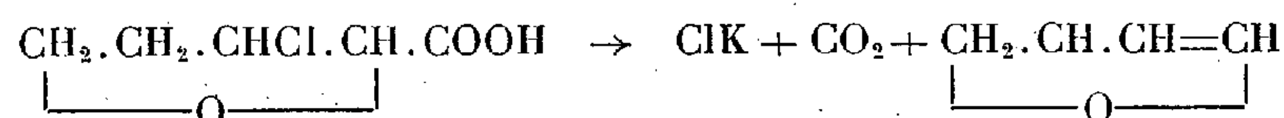
Nous avons déjà montré que l'enlèvement d'hydracide aux composés β-halogénés du tétrahydrofuranne conduit à un mélange des isomères α et β, avec prédominance du premier ([1]). Ces résultats nous ont amené à étudier le comportement des acides β chlorés et de leurs dérivés.

Le dichloro 2.3-tétrahydrofuranne réagit sur le cyanure cuivreux, par son atome de chlore α, très mobile, pour donner (Rdt 75 %) le *cyano 2-chloro-3 tétrahydrofuranne* [formule (I) : R = CN ou C_5H_6OClN]

(I) 

liquide, E_{13} 87°; D_{16}^{11} 1,263, d'où l'on passe, sans difficulté, aux dérivés suivants : *acide chloro-3 tétrahydrofuroïque* (Rdt 70 %) [formule (I) : R = COOH ou $C_5H_7O_3Cl$] F 92° (C_6H_6); ester méthylique (Rdt 80 %) E_{15} 98-99°; D_{16}^{13} 1,262; ester éthylique (Rdt 85 %) E_{13} 103-104°; D_{16}^{13} 1,206; *chloro-3 tétrahydrofuramide* [formule (I) : R = $CONH_2$ ou $C_5H_8O_2ClN$] F 91° (alcool); *benzoyl-2 chloro-3 tétrahydrofuranne* [formule (I) : R = $CO.C_6H_5$ ou $C_{11}H_{11}O_2Cl$], Rdt 80 %; F 52° (alcool); semicarbazone F 96°; 2.4-dinitrophénylhydrazone F 138-139° et F 194°.

Si l'on chauffe l'acide chloro-3 tétrahydrofuroïque avec HOK aq., il se produit une très vive réaction et l'on isole, avec un rendement de 90 %, le dihydro 2-3-furanne



ce qui en constitue une nouvelle préparation ([2]). Les spectres Raman des dihydrofurannes α et β se montrent très distincts, bien que la fréquence de la liaison double soit sensiblement la même et peu différente de celle du cyclopentène ([3]) :

Isomère α : 448 m, 825 f, 883 tf, 925 F, 992 af, 1056 m, 1135 F, 1186 tf, 1452 m, 1474 tf, 1619 TF.

Isomère β : 400 m, 736 f, 798 af, 890 aF, 912 aF, 982 F, 1037 m, 1099 TF, 1176 m; 1199 af, 1306 af, 1347 af, 1361 tf, 1481 TF, 1622 TF.

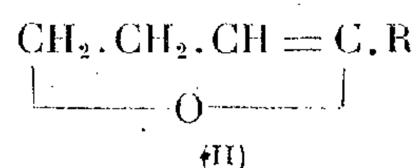
Par action de $NH(C_2H_5)_2$ le nitrile chloré perd ClH et donne le *cyano-2*

([1]) H. Normant, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 283.

([2]) H. Normant, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 102.

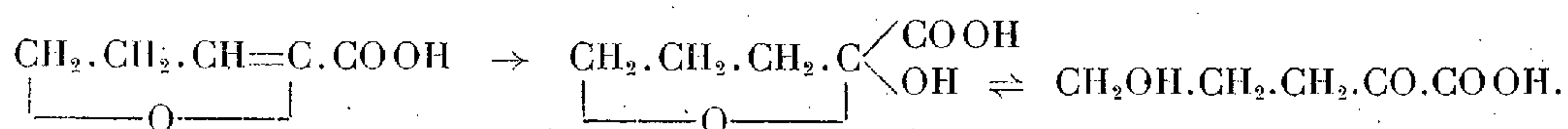
([3]) Mesures effectuées par M. Kirrmann.

dihydro 4-5 *furanne* (Rdt 85 %)

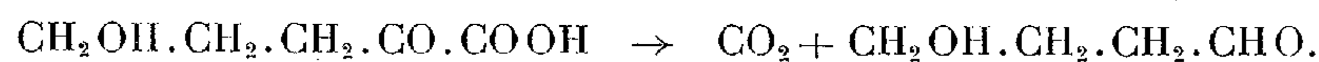


[formule (II) : R = CN ou C_5H_5ON], E_{14} 64-65° D_{16}^{17} 1,062, avec des traces de *cyano*-2 *diéthylamino*-3 *tétrahydrofuranne* E_{16} 122°, picrate F 100°.

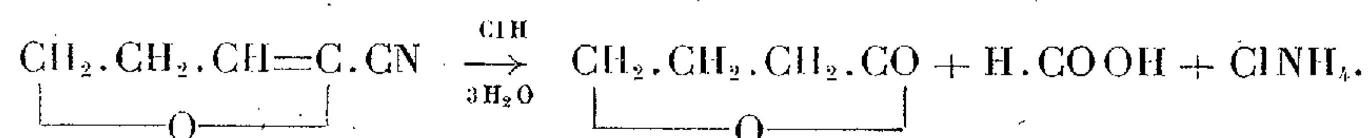
La structure résulte des arguments suivants : ce nitrile, traité par HOK, fournit la *dihydro* 4-5 *furamide* [form. (II) R = $CONH_2$ ou $C_5H_7O_2N$], F 172°, puis *l'acide dihydro* 4-5 *furoïque* [form. (II) R = COOH ou $C_5H_6O_3$] avec un bon rendement; F 120° (alcool + C_6H_6). Or cet acide s'hydrolyse très aisément à froid par SO_4H_2 N/10 et même, peu à peu, en atmosphère humide, ce qui révèle une constitution *oxyde vinylique*. Il en résulte une huile à caractère acide.



Elle perd CO_2 à chaud, réduit le Fehling et donne une 2.4-dinitrophénylhydrazone identique à celle de l'ω-hydroxybutanal (⁴)



Ce même nitrile éthylénique, sous l'action de ClH concentré, se transforme en un mélange d'acide formique et de butyrolactone (E_{13} 85°, hydrazinolactone F 92°),



La structure dihydrofurannique β n'a pu être décelée, soit qu'elle se forme peu, soit qu'elle subisse plutôt une isomérisation du type allylique-propénylique, sous l'influence des réactifs basiques, conduisant à la structure α.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Structure cristalline de l'acide nitrique anhydre.* Note de M. **Victorio Luzzati**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'acide nitrique anhydre cristallise à — 41°,6 C. Nous avons employé la technique décrite par M. Bouttier [1] pour la préparation et le transport des cristaux. Nous avons utilisé des cristaux uniques, de préférence avec des formes régulières, dont le volume était de 2 ou 3^{mm^3}, au maximum.

(⁴) Paul et Tchelitcheff, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 201.

(¹) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1419.

Nous avons enregistré les diagrammes de Weissenberg des trois équateurs et de plusieurs strates.

La maille élémentaire est définie par les trois translations orthogonales :

$$a = 16,23 \pm 0,05,$$
$$b = 8,57 \pm 0,03,$$
$$c = 6,31 \pm 0,02.$$

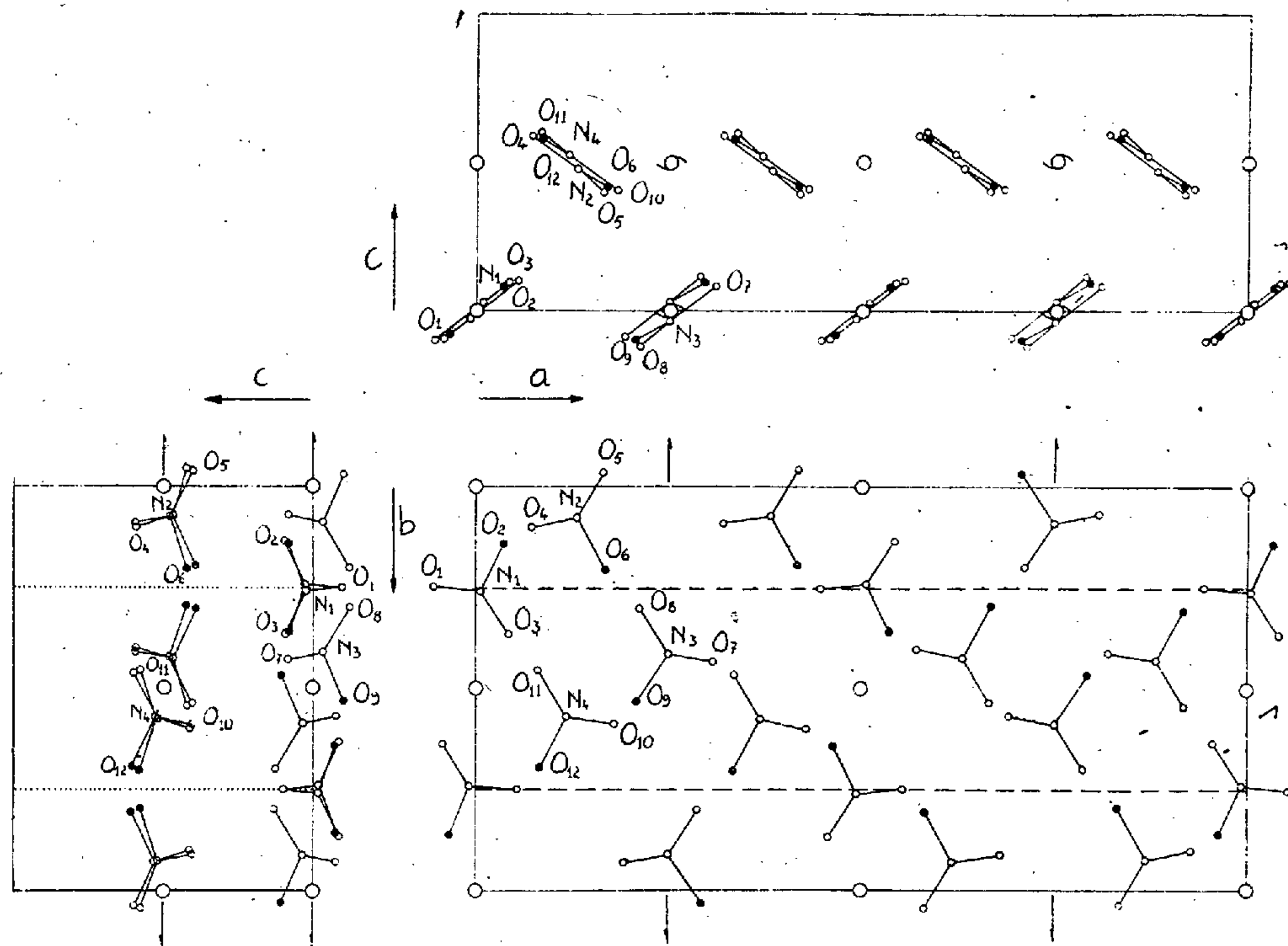
La maille élémentaire contient 16^{mol} HNO_3.

L'identité de l'intensité des taches

$$I_{hkl} = I_{h\bar{k}l} = I_{h\bar{k}\bar{l}} = I_{\bar{h}kl}$$

semble indiquer que le cristal appartient au système orthorhombique. En réalité l'étude complète de la structure a montré que les cristaux obtenus par la technique utilisée sont formés de deux éléments de macle, dont chacun appartient au système monoclinique. La considération des extinctions systématiques et l'étude même de la structure cristalline nous ont amené à établir que l'acide nitrique cristallise dans le groupe de symétrie $P^2_{1/a}\,C^5_{2h}$, du système monoclinique.

Dans ce groupe il y a quatre positions équivalentes : en conséquence, l'élément symétrique est formé par 4^{mol} HNO_3.



Nous avons déterminé l'emplacement des atomes par la technique des synthèses de Fourier, en utilisant d'abord les projections de la fonction de

Patterson et ensuite les projections de la densité électronique, parallèlement aux axes cristallographiques.

Sur la figure nous avons porté les trois projections de la maille élémentaire, avec les élements de symétrie et l'emplacement des molécules HNO_3. Nous avons indiqué par un cercle noir les atomes d'oxygène sur lesquels est fixé l'atome d'hydrogène, et par un cercle blanc les autres atomes d'oxygène et d'azote.

Sur le tableau suivant sont portées les coordonnées des atomes :

	$\frac{x}{a}$.	$\frac{y}{b}$.	$\frac{z}{c}$.
N_1....................	0,008	0,257	0,027
N_2....................	0,131	0,077	0,479
N_3....................	0,252	0,413	$\overline{0,032}$
N_4....................	0,381	0,073	0,474
O_1....................	$\overline{0,055}$	0,248	$\overline{0,100}$
O_2....................	0,036	0,140	0,083
O_3....................	-0,043	0,372	0,095
O_4....................	0,071	0,102	0,591
O_5....................	0,164	$\overline{0,033}$	0,400
O_6....................	0,168	0,205	0,420
O_7....................	0,308	0,433	0,083
O_8....................	0,212	0,302	$\overline{0,120}$
O_9....................	0,208	0,531	$\overline{0,100}$
O_{10}....................	0,320	0,090	0,591
O_{11}....................	0,418	$\overline{0,042}$	0,395
O_{12}....................	0,417	0,197	0,420

Les dimensions moyennes des quatre molécules HNO_3 de l'élément asymétrique et l'erreur probable qui les affecte, sont les suivantes :

N — OH.............................	$1,30 \pm 0,045$ Å
N — O..............................	$1,24 \pm 0,025$ Å
$\widehat{ONO}$..............................	$134 \pm 3,5^\circ$
$\widehat{(HO)NO}$..........................	$113 \pm 5^\circ$

Ces dimensions sont en accord avec celles déterminées par Maxwell et Mosley [2] par la diffraction d'électrons, par la vapeur HNO_5, sauf la grande liaison qui est plus courte dans notre résultat.

La disposition des molécules dans l'espace confirme les prévisions de MM. Bauer et Magat [3].

---

(2) *Journ. Chem. Phys.*, 8, 1940, p. 735.
(3) *Mém. des Serv. Chim. de l'État*, **31**, 1944, p. 171.

MÉTÉOROLOGIE. — *Radiosondages dans l'Antarctique.* Note (*) de MM. **André Viaut**, **Raymond Jalu** et **Robert Chabasseur**, présentée par M. Charles Maurain.

Au cours de la croisière dans l'Antarctique du *Commandant Charcot*, commandé par le Capitaine de Frégate Max Douguet, durant l'été austral 1948-1949, 25 radiosondages ont été en particulier exécutés du 10 février au 8 mars au voisinage du continent austral, dans une zone comprise entre les méridiens 137°-161° Est et les parallèles 60°-67° Sud. Tous ont été effectués à la limite ou à l'intérieur du pack.

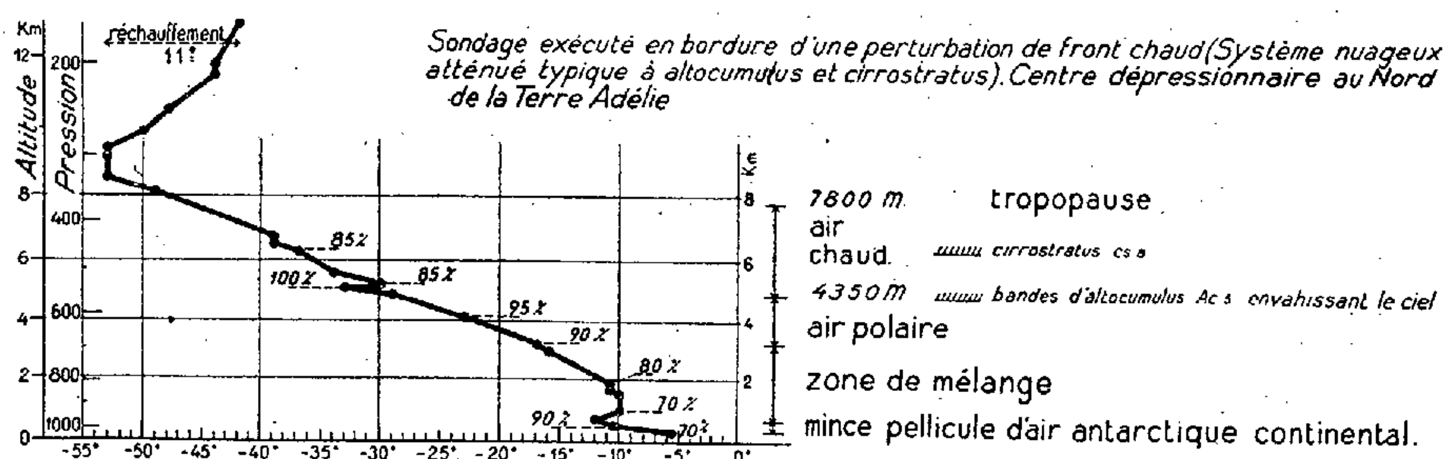
Les mesures résultant de cet ensemble de radiosondages complètent les résultats obtenus par le *Bougainville* aux îles Kerguelen (50° Sud) en février 1939 ([1]) et apportent une nouvelle contribution à nos connaissances de l'hémisphère austral.

Date.	Position.	Hauteur atteinte.	Tropopause Hauteur.	Tropopause Température.	Tropopause Pression.
		m	m	°	mb
10 février...	59° 5 Sud-142° 5 Est	11620	8000	−54	324
11 » ...	63 7 » 141 5 »	8000	7800	−51	336
12 » ...	66 » 141 5 »	8000	7800	−51	340
13 » ...	66 2 » 142 1 »	14600	7300	−57 4	346
14 » ...	66 » 143 6 »	9450	7000	−50 5	372
16 » ...	61 » 141 5 »	5043		non atteinte	
18 » ...	65 7 » 143 5 »	8750		non atteinte	
18 » ...	65 7 » 145 5 »	9600	7850	−53	334
19 » ...	65 3 » 145 8 »	9870		non atteinte	
20 » ...	64 7 » 143 6 »	14950	8300	−53	315
20 » ...	65 » 141 3 »	12000	9000	−57	275
21 » ...	65 6 » 140 3 »	12800	7800	−53	330
22 » ...	65 7 » 142 »	16700	7950	−48 5	336
23 » ...	65 » 137 8 »	6640		non atteinte	
24 » ...	65 1 » 138 3 »	15660	8400	−50 8	306
25 » ...	62 2 » 141 5 »	16000	8390	−55	300
26 » ...	65 5 » 145 1 »	8220		non atteinte	
27 » ...	65 5 » 145 1 »	8300	7400	−50	356
28 » ...	64 8 » 148 8 »	14750	8000	−53 5	320
1 mars....	64 5 » 154 6 »	14450	7556	−50 4	346
2 »	64 4 » 158 2 »	13300	6950	−45	396
4 »	66 9 » 163 2 »	9810	7750	−48 5	350
5 »	67 » 163 »	10620	8300	−50 6	316
6 »	67 » 162 5 »	9340	7750	−49 4	338
8 »	65 2 » 159 8 »	8250		non atteinte	

(*) Séance du 5 décembre 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1419.

Ces radiosondages font apparaître une tropopause, située en moyenne vers 8000^m, dont la température moyenne est sensiblement de -50°C (-42°C en moyenne aux Kerguelen). On note, en outre, un réchauffement en altitude progressif, mais marqué, de la basse stratosphère, de l'ordre de 10 à 15°C (*voir* figure).



Certains radiosondages paraissent confirmer l'existence du *front antarctique* que les aérologistes américains attribuent au conflit entre l'air continental froid et sec canalisé vers le Nord par les hautes montagnes de la Terre Victoria et l'air maritime plus chaud et humide amené par le flux de vents du secteur Nord, longeant la face occidentale de l'anticyclone du Pacifique; on décèle en effet la présence d'une couche d'air antarctique continental de faible épaisseur (1000^m en moyenne) mais nettement caractérisée et distincte de la couche d'air polaire située au-dessus.

On constate aussi fréquemment au passage d'une dépression, des perturbations importantes au niveau de la tropopause, sous forme de *dédoublements* (²) de celle-ci, de gradients suradiabatiques anormaux, de phénomènes de turbulence très prononcée. Ces accidents ont été observés plusieurs fois et vérifiés notamment au cours d'une descente de la radiosonde sous parachute; il semble que la majorité des derniers soit due à une influence orographique.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action du lait de coco sur la croissance des tissus du tubercule de Topinambour cultivés* in vitro. Note de M. **Louis Duhamet**, présentée par M. Joseph Magrou.

Le fruit du Cocotier (*Cocos nucifera*) contient, lorsque la noix est verte, une graine dont l'albumen est constitué presque complètement par un liquide opalescent désigné sous le nom de lait de coco.

Ce liquide est capable de stimuler la prolifération des cellules végétales. Son utilisation a permis à Blakeslee et Van Overbeek de réaliser des cultures d'embryons isolés (¹). Récemment Caplin et Steward ont établi que le lait de

(²) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 866.

(¹) J. Van Overbeek, M. E. Conklin et A. F. Blakeslee, *Science*, **94**, 1941, p. 350; *American Journal of Botany*, **29**, 1942, p. 472.

coco fait croître activement les tissus de la racine de Carotte cultivés *in vitro* (²).

Nous avons tenté de vérifier ce résultat en nous adressant aux tissus du tubercule de Topinambour qui présentent l'intérêt d'être incapables de proliférer en l'absence de substances de division ainsi que les recherches de Gautheret l'ont démontré (³).

Afin d'éviter les erreurs pouvant être dues à la présence d'auxines dans le lait, nous avons fait procéder à un dosage de ces substances au moyen de la méthode du test-Avoine. L'expérience, réalisée par Mlle Kulescha, a permis de déceler dans le lait ayant subi une stérilisation de 20 minutes à 110°, une teneur en substances de croissance équivalant à une concentration d'acide indole-acétique égale à 10^{-7}.

Pour étudier les propriétés excito-formatrices du lait de coco, nous l'avons incorporé à des milieux composés par du liquide de Knop dilué au demi, additionné de gélose (1,3 %), de glucose (3 %), de chlorhydrate de cystéine (10^{-5}), d'aneurine (10^{-6}) et dans certains cas d'acide indole-acétique. Ces milieux étaient de trois types :

1° milieux témoins sans lait de coco ni acide indole-acétique;

2° milieux renfermant 10^{-7} d'acide indole-acétique;

3° milieux renfermant 4, 5, 25 et 100 % (⁴) de lait de coco (les concentrations de substances de croissance contenues dans ces milieux équivalent respectivement à 4.10^{-9}, 5.10^{-9}, $2,5.10^{-8}$ et 10^{-7} d'acide indole-acétique).

Tous ces milieux ont été stérilisés 20 minutes à 110°, puis ensemencés avec des fragments de tubercules de Topinambour pesant de 1100 à 1700^mg^ en moyenne. Au bout de 35 jours de culture, les fragments furent pesés de nouveau et l'accroissement calculé par différence entre le poids final et le poids initial. Afin de réduire les effets des variations individuelles, nous avons utilisé six fragments pour chaque type de milieu. Les résultats de cette expérience sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Action du lait de coco sur la prolifération des tissus du tubercule de Topinambour.

Nature du milieu.	Poids moyen initial des 6 fragments.	Poids moyen final des 6 fragments.	Accroissement de poids.
	mg	mg	mg
Milieu témoin sans lait de coco ni acide indole-acétique	1700	1835	135
Acide indole-acétique 10^{-7}	1480	2755	1275
Lait de coco 100 % (⁴)	1420	6200	4780
Lait de coco 25 %	1470	4460	2990
Lait de coco 5 %	1100	3130	2030
Lait de coco 4 %	1200	3130	1930

(²) S. M. CAPLIN et F. C. STEWARD, *Science*, **108**, 1948, p. 655.

(³) R. J. GAUTHERET, *Bulletin Soc. Chimie Biologique*, **24**, 1942, p. 23.

(⁴) En fait le milieu renfermant 100 % de lait de coco n'est pas constitué par du lait pur mais par du lait additionné de glucose et des sels contenus dans le liquide de Knop.

Son examen montre que les tissus cultivés en l'absence d'acide indole-acétique et de lait de coco n'ont manifesté aucune croissance appréciable ; le milieu renfermant 10^{-7} d'acide indole-acétique permet au contraire la formation d'un cal, mais celui-ci est moins important qu'en présence de 100 % de lait de coco, concentration qui équivaut à la même dose d'acide indole-acétique (d'après la détermination du test-Avoine). L'accroissement de poids obtenu sous l'action du lait de coco est en effet près de quatre fois supérieur à celui observé en présence d'acide indole-acétique à la concentration 10^{-7}. On remarque également que même une concentration de 4 % de lait de coco qui correspond à une teneur très faible en substances de croissance (équivalant à $4 \cdot 10^{-9}$ d'acide indole-acétique) détermine elle aussi une augmentation de poids notable et produit même un cal plus considérable que l'acide indole-acétique à la concentration de 10^{-7}.

On peut donc conclure que le lait de coco contient une substance thermostable (5), capable de stimuler la multiplication des cellules avec bien plus d'intensité que l'acide indole-acétique. Signalons que les réactions ainsi obtenues sont beaucoup plus importantes que celles que produisent les hétéro-auxines les plus actives telles que les acides dichlorophénoxyacétique et naphtoxyacétique (6). S'agit-il d'un nouveau type d'auxine ou d'une substance d'une autre nature ? Certaines expériences en cours nous conduisent à admettre que c'est la seconde hypothèse qui doit être exacte.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de l'acide nicotinique sur la germination et le développement des embryons de* Cattleya. Note de M. **François Mariat**, présentée par M. Joseph Magrou.

Poursuivant nos recherches relatives à l'action de certaines vitamines sur la germination et le développement des embryons de *Cattleya*, nous avons, dans l'expérience qui fait l'objet de la présente Note, étudié l'influence de l'acide nicotinique.

Nous avons ajouté au milieu synthétique de base (Knop modifié formule II, comportant 20 ‰ de saccharose) de l'acide nicotinique aux concentrations suivantes : 10^{-5} (1 pour 100 000), 10^{-6}, 10^{-7}, 10^{-8}, 10^{-9}, 10^{-10} (1 pour 10 milliards). Du milieu de base non additionné de facteur de croissance fournissait la série témoin. Sur ces différents milieux répartis en tubes de culture, nous avons ensemencé des graines de *Cattleya* hybrides. Nous avons indiqué ailleurs les diverses techniques employées pour la préparation des

(5) Des expériences préliminaires sur des tissus de Scorsonère nous ont permis de constater que le lait de coco prélevé aseptiquement dans la noix et le lait stérilisé paraissent exercer des effets stimulants sensiblement comparables.

(6) Gautheret et Raoul, *C. R. Soc. Biol.*, 141, 1947, p. 129.

milieux de culture, la désinfection des graines et le semis proprement dit ([1]).

Dans les différentes séries que comportait l'expérience, la germination des graines s'est faite normalement et, dans les trois premiers mois de la culture, on ne notait aucune différence dans la croissance des jeunes embryons cultivés sur les divers milieux. Il ressortait de mesures effectuées deux mois et demi après le semis que tous les diamètres moyens obtenus étaient comparables.

Par la suite on a pu remarquer une différence entre la série témoin et le lot de séries où l'acide nicotinique était présent. Les jeunes embryons cultivés en présence de la vitamine PP étaient nettement plus développés que les témoins. Cette différence est mise en évidence par le calcul statistique du diamètre moyen effectué cinq mois et demi après le semis. Les moyennes obtenues sont récapitulées dans le tableau ci-dessous.

Concentration en acide nicotinique.	Diamètres moyens en divisions du micromètre oculaire.	Diamètres moyens en microns.	Nombre de plantules.
Témoins	14,39±0,18	514	305
10^{-10}	16,91±0,26	605	276
10^{-9}	17,20±0,35	615	148
10^{-8}	17,45±0,27	624	255
10^{-7}	17,36±0,25	621	202
10^{-6}	16,47±0,25	588	279
10^{-5}	17,29±0,24	617	219

Comme on peut le voir, les plantules témoins ont un diamètre moyen inférieur aux diamètres moyens des diverses séries de plantules cultivées en présence d'acide nicotinique. Le calcul montre que la différence entre le diamètre moyen des plantules traitées par la vitamine PP et le diamètre moyen des plantules témoins est hautement significative. Ce fait nous permettait déjà de penser à une action positive de l'acide nicotinique sur la croissance des jeunes *Cattleya* pour toutes les concentrations que comportait l'expérience.

Si les mensurations révélaient entre les séries témoins et les séries traitées des différences d'ailleurs nettement perceptibles sans le concours d'un instrument de mesure, il n'en était pas de même de la différenciation des plantules. Dans aucune des séries en effet, nous n'avons noté la présence de feuilles chez les jeunes embryons.

Mais à la suite d'un repiquage sur milieu neuf, les plantules se sont rapidement différenciées en présence d'acide nicotinique aux diverses concentrations, mais non en l'absence de ce produit. Un très fort pourcentage de plantules témoins a dépéri lentement à la suite du repiquage et les rares plantules qui ont survécu ont difficilement différencié un bourgeon puis leurs

([1]) *Rev. gén. Bot.*, 55, 1948, p. 229-243.

premières feuilles. D'une façon générale, les embryons qui ont bénéficié de la présence d'acide nicotinique ont mieux supporté le repiquage, d'autant mieux que la concentration en vitamine était plus élevée. Pour 80 % de plantules témoins mortes à la suite du repiquage, on en notait 40 % à la concentration 10^{-9}, 15 % à 10^{-7} et seulement 5 % à 10^{-5}.

Les plantules cultivées en présence d'acide nicotinique montraient, lors d'un examen pratiqué 14 mois après le semis, une très grande différenciation et un développement important. Un bouquet de 3 a 5 feuilles vert foncé surmontait les protocormes pourvus à leur base d'une ou deux jeunes racines atteignant de 4 à 6^{mm}. Leur hauteur est d'environ cinq fois la hauteur des témoins. Ces derniers ne poussent que très lentement et semblent rester stationnaires au stade des deux premières feuilles.

Parmi les plantules d'une série renfermant 10^{-7} d'acide nicotinique, nous avons trouvé quelques protocormes ayant différencié plusieurs bourgeons feuillés (2 à 3). Nous signalons seulement ce fait, nous proposant de revenir ultérieurement sur ces anomalies qui semblent si voisines des formes obtenues par Bernard chez des *Cymbidium* et chez des *Vanda* cultivés avec un *Rhizoctonia* qui ne leur était pas spécifique ([2]).

En résumé, nous croyons pouvoir conclure à une influence très nette de l'acide nicotinique sur la croissance puis sur la différenciation des embryons de *Cattleya*. Cette action est particulièrement marquée pour les concentrations supérieures à 10^{-8}. Schaffstein avec des *Vanda* ([3]), Bahme avec des *Vanda* et des *Cattleya* ([4]), Noggle et Wynd avec des *Cattleya* ([5]) ont déjà signalé l'action stimulante de l'acide nicotinique ou de son amide. L'apport de cette vitamine nécessaire au développement des embryons de ces Orchidées se fait certainement dans la nature par l'intermédiaire du champignon symbiotique qui semble capable de la synthétiser en même temps que d'autres facteurs.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action du cholate de sodium sur les cellules méristématiques d'*Allium Cepa *L.* Note (*) de M. **Guy Deysson** et Mme **Micheline Deysson**, présentée par M. René Souèges.

L'action des sels biliaires sur la cellule est mal connue. Shigenaga ([1]), dans un Mémoire déjà ancien, a observé, sous l'influence du glycocholate et du

([2]) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 9e série, **9**, 1909, p. 1-196.
([3]) *Jahrb. wiss. Bot.*, **90**, 1941, p. 141-198.
([4]) *Science*, **109**, 1949, p. 522-523.
([5]) *Bot. Gaz.*, **104**, 1943, p. 455-459.

(*) Séance du 5 décembre 1949.
([1]) *Memoirs of the College of Sc., Kyoto Imper. Univ.*, Ser. B, **8**, 1933, p. 217.

cholate de sodium, que le noyau et les chromosomes gonflent considérablement et disparaissent; transitoirement, des gouttelettes lipidiques se forment dans le cytoplasme, puis celui-ci se colore uniformément au Soudan III. Mais il s'agit là d'une action léthale et nous ne connaissons pas d'étude effectuée dans des limites compatibles avec la vie. Un tel travail présente cependant un grand intérêt en raison de la propriété bien connue des sels biliaires de déplacer des cénapses lipo-protéidiques les corps stéroliques. Nous avons étudié l'action exercée par le cholate de sodium sur les cellules méristématiques d'*Allium Cepa* L., suivant la méthode définie antérieurement par l'un de nous ([2]). Voici l'essentiel des faits observés.

1. *Concentration de* 0,25 %. — Cette concentration se montre très toxique; après 1 heure 30 minutes d'action seulement, les racines deviennent flaccides et, par retour sur milieu privé de cholate, on n'observe aucune reprise de croissance. Toutes les cinèses sont normales et l'index mitotique n'est pas modifié; la seule différence avec les témoins est une légère augmentation du nombre des télophases indiquant que les cellules qui étaient sur le point de retourner à l'état interphasique en ont été empêchées. En somme, nous observons pratiquement ici une action fixatrice, d'ailleurs mauvaise : les chromosomes, très peu chromophiles, apparaissent souvent comme délavés, un peu gonflés; les noyaux interphasiques sont homogénéisés.

2. *Concentration de* 0,15 %. — Cette concentration est encore très toxique et les racines sont tuées en moins de 24 heures. Après 1 heure 30 minutes de traitement, on observe une légère augmentation de l'index mitotique (20 %); les métaphases et les anaphases sont cependant un peu moins nombreuses tandis que s'accumulent les prophases et les télophases : les phénomènes d'anachromase et de catachromase sont donc ralentis. Après 3 heures, l'index mitotique est, cette fois, diminué par suite d'une action mitodépressive intense. La raréfaction des métaphases et des anaphases s'accentue; les prophases et les télophases s'accumulent. On observe déjà des cas de pycnose, surtout parmi les télophases; il existe, enfin, une faible proportion de stathmodiérèses (15 à 21 % des télophases après 1 heure 30 minutes, 23 à 29 % après 3 heures).

3. *Concentration de* 0,10 %. — Après 4 heures, le ralentissement des phénomènes d'anachromase et de catachromase apparaît ici très nettement : l'index mitotique n'est que légèrement diminué (23 % en moyenne) alors que les métaphases et les anaphases ont presque totalement disparu. Après 24 heures, les cinèses sont rares (286 dans l'ensemble d'un méristème, 218 dans un autre) et toutes pycnotiques. 90 à 98 % sont des prophases ou des télophases; parmi ces dernières, on note quelques stathmodiérèses (moins de 25 %). A ce moment, le retour sur milieu privé de sel biliaire ne permet plus la reprise de la croissance.

([2]) G. Deysson, *Thèse Doct. Pharm.* (*État*), Paris, 1948.

4. *Concentration de* 0,05 %. — L'index mitotique diminue graduellement au cours des premières heures (en moyenne de 25 % après 2 heures 30 minutes, de 46 % après 4 heures) et la proportion des prophases et des télophases augmente. Ce tableau s'accentue encore dans les préparations effectuées après 5 heures et 7 heures, en même temps qu'apparaissent quelques stathmodiérèses. Enfin, après 30 heures, les racines sont mortes; il n'existe plus qu'une vingtaine de cinèses (prophases et télophases); les noyaux sont légèrement pycnotiques et les nucléoles sont très nettement dilatés. Il est intéressant de rapprocher ce dernier fait de la gêne apportée aux transformations ana et catachromasiques, étant donné le rôle que l'on attribue maintenant au nucléole dans le métabolisme des acides nucléiques. Signalons que nous avons également observé cette dilatation sous l'influence du taurocholate de sodium (0,10 %; 4 jours).

5. *Concentrations de* 0,02 *et* 0,01 %. — L'action exercée est ici plus lente, mais de même nature. La diminution des cinèses est, par exemple, de 58 % en moyenne après 44 heures à 0,01 %. Les troubles sont cependant irréversibles et les racines sont tuées en moins de 48 heures à 0,02 %, en 3 jours, à 0,01 %. Les cellules sont très altérées, les noyaux interphasiques sont souvent pycnotiques. Il ne reste alors que très peu de cinèses, moins de 20, en général; elles présentent une forte chromatolyse, notamment pour les métaphases et les télophases qui sont à peine reconnaissables. Néanmoins, partout, le fonctionnement fusorial est intact.

En résumé, le cholate de sodium se montre très nocif pour les cellules et l'intoxication devient rapidement irréversible dans la plupart des cas. On observe transitoirement une gêne des transformations ana et catachromasiques que les numérations mettent très nettement en évidence. La dilatation des nucléoles, observée dans certains traitements léthaux, traduit également le trouble apporté au métabolisme des acides nucléiques. Cependant, les cellules en cinèse ne sont pas les seules intoxiquées et une action beaucoup plus générale provoque rapidement la mort des racines.

Enfin, cette action toxique respecte le fonctionnement fusorial et, seules, les concentrations les plus fortes parmi celles qui sont mises en œuvre provoquent l'apparition de rares cellules binucléées.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Essai d'interprétation du spectre d'absorption dans l'ultraviolet de l'ibogaïne et de la tabernanthine.* Note de M. **Raymond-Hamet** présentée par M. Gabriel Bertrand.

Après que nous eûmes découvert ([1]) que l'ibogaïne est une base indolique, V. Brustier et ses collaborateurs ([2]) ont déterminé le spectre d'absorption de

---

([1]) *Bull. Soc. Chim. France*, 5[e] sér., **9**, 1942, p. 620.

([2]) *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 909.

cette base dans l'ultraviolet; ils ont admis qu'il est *conditionné essentiellement par celui de la quinoléine* et que *l'influence du noyau indolique n'y apparaît pas* ou produit tout au plus *une augmentation de l'intensité de l'absorption*.

Cependant, dès 1931, le chimiste croate Karschulin ([3]) avait montré que la yohimbine qui, par distillation sèche, donne naissance à un dérivé indolique et à une substance isoquinoléique, possède un spectre qui ressemble non à celui de la quinoléine mais à celui de l'indol.

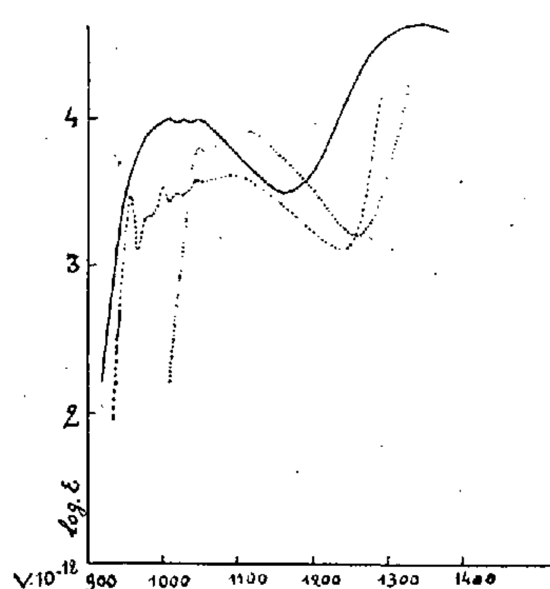


Fig. 1.

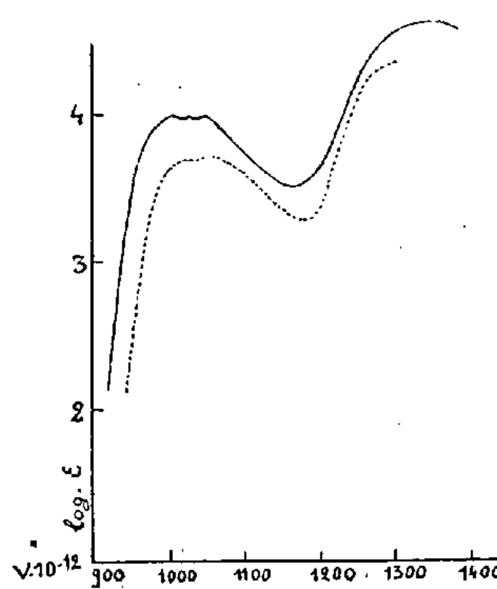


Fig. 2.

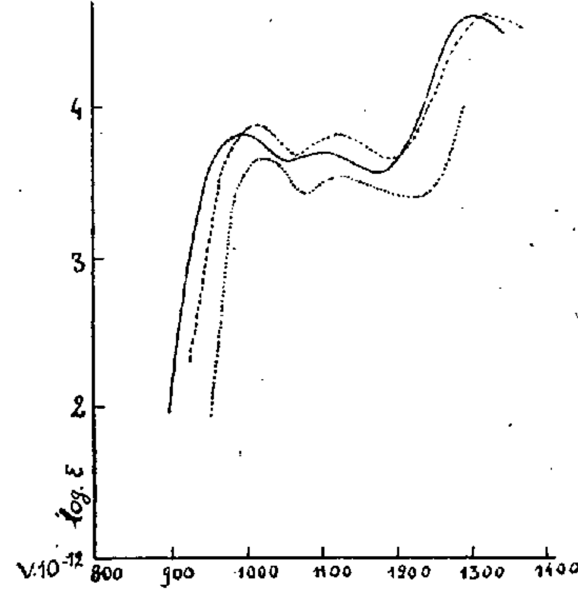


Fig. 3.

Fig. 1.

——— Ibogaïne (solution dans l'alcool).
Maxima : 1010 1031 1053 1351
Minima : 1017 1043 1167

------ Quinoléine (solution dans l'alcool).
Maxima : 958 979 1000 1020 1045 1035
Minima : 968 987 1010 1024 1049 1240

.... Indol (solution dans l'alcool).
Maxima : 1045 1079 1107
Minima : 1053 1091 1260

Fig. 2.

——— Ibogaïne (solution dans l'alcool).

------ N-éthyl-tétrahydrocarbazol (solution dans l'alcool).
Maxima : 1024 1053 1294
Minima : 1034 1183

Fig. 3.

——— Tabernanthine (solution dans l'alcool).
Maxima : 997 1099 1304
Minima : 1056 1172

------ Tétrahydroharmine (solution dans l'alcool).
Maxima : 1017 1120 1321
Minima : 1072 1190

.... 6-méthoxy-indol (solution dans l'alcool).
Maxima : 1027 1132
Minima : 1083 1230

En fait, il est facile de s'assurer que le spectre de l'ibogaïne diffère beaucoup de celui de la quinoléine et ressemble beaucoup à celui de l'indol (*fig.* 1). S'il s'écarte de ce dernier par un léger déplacement vers le rouge et par une faible augmentation de l'intensité de l'absorption, il ne faut pas oublier que, par la substitution d'un simple groupe méthyle sur un des deux noyaux de l'indol, le

(3) *Arhiva za kemiju i farmaciju*, 5, 1931, p. 227.

spectre de cette substance subit des modifications qui sont plus ou moins marquées suivant la position de la substitution; elles se traduisent principalement par un glissement de l'ensemble du spectrogramme vers la zone la moins réfrangible et par un renforcement de l'intensité de l'absorption ([4]).

En fait, le spectre de l'ibogaïne ressemble tellement à celui du N-éthyltétrahydrocarbazol qu'on est conduit à penser que le groupement chromogène fondamental de chacune de ces deux substances est sinon identique tout au moins extrêmement voisin.

Quant au spectre de la tabernanthine, alcaloïde cristallisé étudié par J. Delourme ([5]) qui l'a découvert dans les racines du *Tabernanthe Iboga* H. Baillon où il accompagne l'ibogaïne, il est tellement semblable à celui de la tétrahydroharmine qu'on est autorisé à supposer que ces deux substances possèdent le même groupement chromogène, c'est-à-dire le groupement 6-méthoxy-indol (*fig.* 3). Cette hypothèse paraît d'autant plus admissible que J. Delourme a constaté la présence d'un groupement méthoxyle dans la molécule de la tabernanthine.

PHYSIQUE DU SOL. — *Profils hydriques envisagés comme la variation du potentiel capillaire ψ avec la profondeur; nouvelle hypothèse sur la diffusion capillaire de l'eau dans le sol.* Note de M. **Marc Hallaire**, présentée par M. Albert Demolon.

Dans une Note antérieure ([1]) nous avons montré qu'en période de non-drainage et pour un sol de limon, les humidités moyennes H (en pour 100 de terre sèche) des couches successives de terre étaient liées entre elles par des relations suffisamment étroites pour qu'il soit possible de définir le profil sur une certaine épaisseur par l'humidité moyenne d'une couche quelconque. On peut penser qu'un tel résultat traduit un certain état d'équilibre dans la diffusion verticale de l'eau. Rappelons d'ailleurs que Childs ([2]), partant de la loi de diffusion

$$\frac{dQ}{dt} = K\frac{dH}{dZ},$$

a déjà essayé d'interpréter des profils de ce type; mais le coefficient K n'étant pas constant et le potentiel capillaire ψ ([3]) dont le gradient régit, comme on le

([4]) Dès 1909, C. Dhéré (*Recherches spectrographiques sur l'absorption des rayons ultraviolets par les albuminoïdes, les protéides et leurs dérivés*, Thèse dr. sc. Paris, 1909) signalait que le spectre du scatol est, par rapport à celui de l'indol, déplacé vers le rouge.

([5]) J. Delourme-Houdé, *Étude de l'Iboga*, Thèse dr. pharm., Paris, 1944.

([1]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 152-154.

([2]) *Journal agric. Sc.*, 26, 1936, p. 114-127.

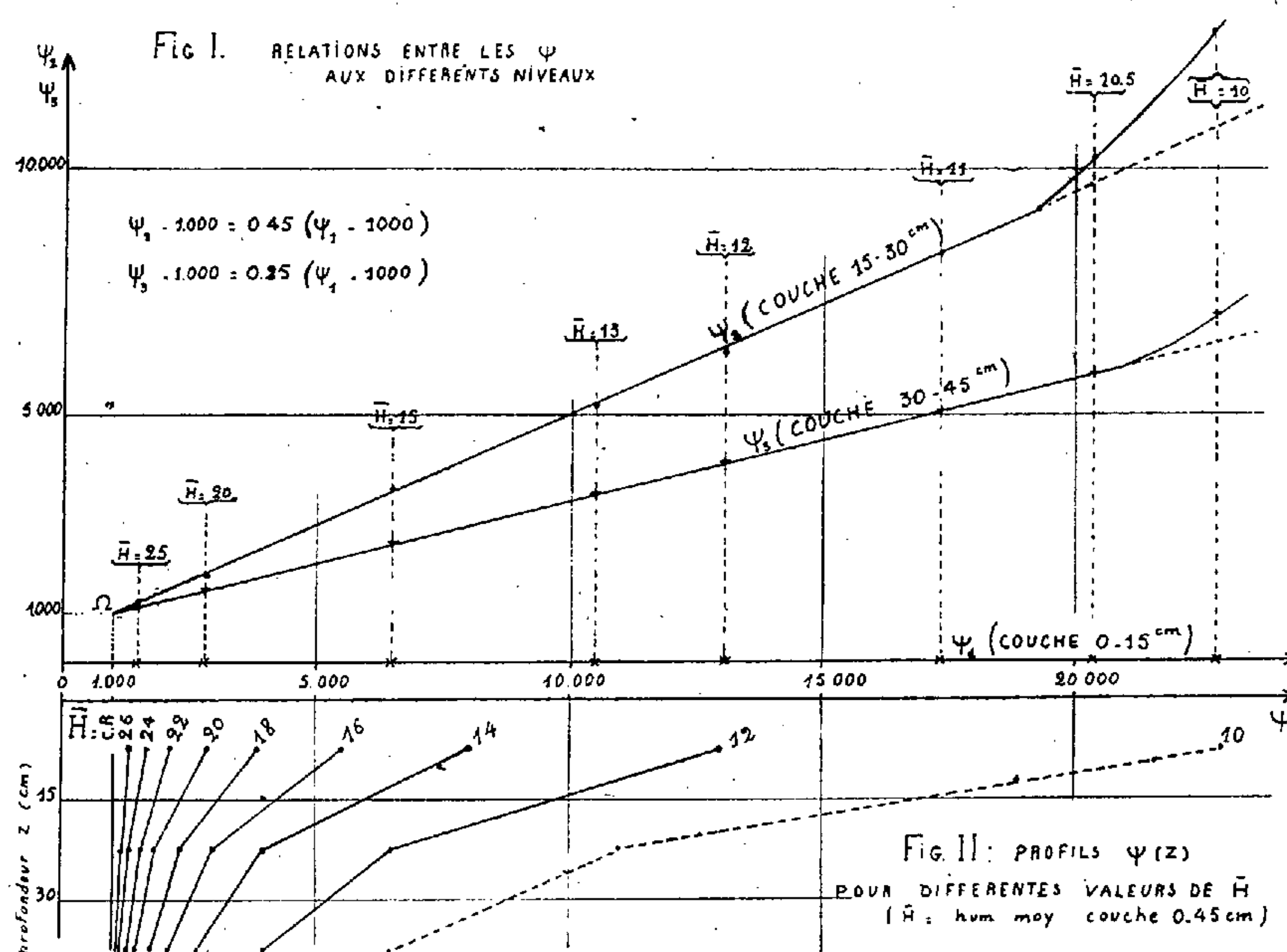
([3]) Le potentiel capillaire désigne la différence d'énergie libre entre 1^g d'eau lié au sol et 1^g d'eau libre.

sait, les déplacements de l'eau n'étant pas une fonction simple de H, il nous a paru préférable pour expliquer les profils obtenus de considérer l'équation de diffusion

$$\frac{dQ}{dt} = \lambda \frac{d\psi}{dZ},$$

où le coefficient de conductibilité λ est une fonction de ψ. Nous avons alors exprimé les profils en fonction non plus de H mais de ψ dans le double but de préciser la nature de l'équilibre et de définir une forme approchée de la fonction $\lambda = \varphi(\psi)$.

La détermination de la courbe $\psi = f(\mathrm{H})$ pour le limon étudié a été effectuée par voie cryoscopique. Partant alors des courbes d'ajustement trouvées précédemment entre les humidités H et considérant un certain nombre de profils, nous avons pu représenter graphiquement la variation de ψ_2 et ψ_3, potentiels



des couches 15-30 et 30-45^{cm} en fonction de ψ_1, potentiel de la couche 0-15^{cm} (*fig.* I). Les relations linéaires ainsi mises en évidence, tout au moins pour des humidités moyennes de l'ensemble du profil supérieures à 11, montrent que les rapports

$$(1) \qquad (\psi_1 - 1000):(\psi_2 - 1000) = 2,2 \qquad \text{et} \qquad (\psi_2 - 1000):(\psi_3 - 1000) = 1,8,$$

existant entre les valeurs de $(\psi - 1000)$ relatives à deux couches successives de terre, demeurent sensiblement indépendantes de l'état d'humidité du sol. Ainsi les profils Γ qui représentent la variation de ψ avec la profondeur Z sont

des courbes affines se déduisant l'une de l'autre par une dilatation des abscisses corrigées $\psi - 1000$ [4] (*fig.* II).

Un tel résultat nous a conduit à écrire, sauf pour des humidités inférieures au point de flétrissement temporaire où il n'y a plus diffusion capillaire ni pour des humidités supérieures à la capacité de rétention où intervient la pression hydrostatique

$$(2) \qquad \varphi(\psi) = \frac{A}{\psi - 1000} \quad \text{avec} \quad A = \text{const.} \quad \text{d'où} \quad \frac{dQ}{dt} = \frac{A}{\psi - 1000}\frac{d\psi}{dZ}.$$

Ceci revient à admettre pour un niveau donné Z_n l'égalité de débit quel que soit le profil considéré; c'est à cette condition, en effet, que l'on peut écrire

$$\frac{A}{\psi_n - 1000}\left(\frac{d\psi}{dZ}\right)_n = \text{const. pour tous les profils } \Gamma,$$

soit

$$A\left[\frac{d\,\text{Log}(\psi - 1000)}{dZ}\right]_n = \text{const. pour tous les profils } \Gamma$$

ou enfin, si l'on assimile les niveaux Z_n et Z_{n+1} à deux couches de terre voisines et suffisamment minces

$$(\psi_n - 1000) : (\psi_{n+1} - 1000) = \text{const. pour tous les profils } \Gamma,$$

résultat qui répond aux relations expérimentales (1).

Il peut sembler paradoxal que les pertes en eau du sol en place dans l'unité de temps, autrement dit le débit aux horizons supérieurs, soient indépendantes de l'état de sécheresse du sol. Nous nous proposons d'y revenir ultérieurement.

PHYSIOLOGIE. — *Pouvoir rotatoire et odeur.*

Note de MM. **Marcel Guillot** et **Robert Babin**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'hypothèse d'une relation entre le pouvoir rotatoire des composés organiques optiquement actifs et leur odeur a fait l'objet de travaux contradictoires. Von Braun et Kaiser [1] ont comparé les 3.7-diméthyloctanol droit, gauche et racémique purs. Ils trouvent que l'odeur du dérivé droit est plus agréable et plus intense, mais cette comparaison garde un simple caractère qualitatif et subjectif. Des résultats analogues ont été obtenus par von Braun et ses collaborateurs avec des dérivés variés [1]. Plus récemment, Single et Lal [2] ont étudié un certain nombre de toluidinométhylènecamphres et de

---

[4] Exprimée en g/cm la valeur 1000 du potentiel capillaire correspond à la capacité de rétention CR du sol pour l'eau. Le point Ω (*fig.* I) ou le profil CR (*fig.* II) correspondent donc à la cessation de drainage.

[1] *Ber.*, 56 B, 1923, p. 2268; *Ber.*, 58 B, 1925, p. 2210; *Ber.*, 60 B, 1927, p. 2438.

[2] *Nature*, 144, 1939, p. 911.

toluilène-*bis*-aminométhylènecamphres. Ils ont trouvé que l'odeur des dérivés gauches était plus intense que celle des racémiques, plus intense elle-même que celle des droits. Là encore les observations gardaient un caractère qualitatif. Naves ([3]) a examiné les isomères droit et gauche de l'α-ionone pure, en déterminant la concentration minimum perceptible dans l'air. Sa conclusion est que les isomères droit et gauche ont même qualité d'odeur et même intensité, mais que le racémique est douze fois plus odorant que chacun d'eux. Enfin, Doll et Bournot ([4]) viennent de publier un travail sur le menthol. La comparaison des droit et gauehe a été faite ici par un procédé empirique permettant toutefois des mesures précises. On a trouvé le même minimum perceptible pour les corps droit et gauche ($0^{\gamma},86$ par litre d'air), tandis que la concentration minimum du produit racémique était nettement plus faible. Tous les auteurs précités ont également noté une différence d'odeur entre le racémique et les corps actifs correspondants. Nous laisserons ici cette question de côté, pour ne parler que des corps actifs.

De l'ensemble de ces résultats, on peut conclure qu'une grande incertitude subsiste au sujet d'une relation entre le pouvoir rotatoire et l'odeur. Dans tous les cas observés, on n'a relevé entre les antipodes inverses que des différences de *qualité* d'odeur nulles ou négligeables. Quant à la différence d'*intensité*, elle paraît n'avoir été signalée que dans le cas où les comparaisons étaient faites sommairement. Les deux derniers travaux qui seuls ont donné lieu à des mesures concluent à une absence de différence des seuils.

Nous nous sommes proposé d'examiner le cas du méthylhexylcarbinol. Ce corps présente l'avantage d'être très stable et de pouvoir être facilement scindé en ses antipodes droit et gauche, d'une manière quantitative, lorsqu'on utilise le procédé indiqué par Kenyon et publié dans les *Organic Syntheses* ([5]).

En ce qui concerne la qualité de l'odeur, l'observation faite par un grand nombre de sujets n'a permis de déceler aucune différence entre les deux dérivés, quelle que fût la concentration à laquelle on opérait.

En ce qui concerne l'intensité de l'odeur, on a procédé de la manière suivante. On a commencé par vérifier que les vitesses de volatilisation dans l'air à 20° des deux alcools étaient sensiblement les mêmes. On a ensuite préparé des solutions dans l'alcool éthylique à 90°, de titres variés, avec chacun des isomères optiques. A l'aide de compte-gouttes calibrés, on fait ensuite tomber sur une série de languettes de papier, une goutte de chacune des solutions (de titres différents) sur chaque languette. Le sujet est placé ensuite devant l'ensemble des languettes de papier, disposées dans un ordre inconnu, et il a à répondre s'il perçoit ou non l'odeur du méthylhexylcarbinol

---

([3]) *Helvetica chim. Act.*, 30, 1947, p. 769.

([4]) *Die Pharmazie*, 1949, p. 224.

([5]) *Organic Syntheses*, 2e édit., New-York, Wiley, vol. 1, p. 418.

en procédant au flairage d'une manière invariable, successivement avec toutes les languettes.

On note les réponses franchement positives (+ 1), les réponses positives douteuses (0,5) et les réponses négatives (0). A partir du moment où l'alcool éthylique s'est évaporé, l'essai peut commencer. On le poursuit jusqu'à fatigue du sujet, c'est-à-dire qu'après avoir flairé l'ensemble de la série de languettes, le sujet recommence la série de mesures sans tenir compte, bien entendu, des résultats notés la première fois, et ainsi de suite. On examine en somme de cette manière les résidus d'évaporation correspondant à chacune des concentrations, à des stades divers de la volatilisation. La méthode donne des résultats statistiques excellents lorsqu'on les traduit par la construction graphique d'une courbe en S, en portant en abscisses les logarithmes des concentrations des solutions dont on était parti, et en ordonnées le pourcentage total de réponses positives calculé comme plus haut. On lit sur la courbe l'indication de la concentration qui correspond, dans les conditions d'utilisation qui viennent d'être décrites, à 50 % de réponses positives pour le sujet. Ce travail préliminaire effectué, on peut facilement voir si une solution de concentration connue en isomère gauche se place, sur la courbe relative à l'isomère droit, en un point correspondant à la même concentration, ou à une concentration différente. Nous avons obtenu ainsi un *rapport d'activité* de 3,3, le dérivé le plus odorant étant le dextrogyre. Le même procédé, appliqué à un deuxième sujet, nous a donné, pour la même détermination, le chiffre de 3,2. Nous sommes donc amenés à conclure que, dans le cas de l'alcool secondaire étudié, le pouvoir rotatoire ne change pas la *qualité* de l'odeur, mais modifie notablement son *intensité*, ce que, provisoirement, nous proposons d'interpréter en admettant que l'un des isomères optiques est plus fortement adsorbé par les cellules sensorielles intéressées.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'asphyxie des nouveau-nés.* Note de M. **Jean Giaja** et Mlle **Leposava Marković**, présentée par M. Paul Portier.

C'est un fait connu depuis longtemps et confirmé de nombreuses fois [1] que les tout jeunes homéothermes et les nouveau-nés résistent mieux en général que les adultes à l'asphyxie et à l'anoxie. Il est aisé de vérifier ce fait. Ainsi nous plaçons dans la chambre respiratoire d'une capacité de 3^l environ un rat adulte de 237^g et un jeune rat de 31^g, puis nous enregistrons à l'aide de notre appareil la diminution de la pression de l'oxygène due à la respiration des deux rats confinés, le gaz carbonique étant absorbé au fur et à mesure de sa production. La température dans la chambre étant de 22°,8, le rat adulte expire lorsque,

(1) Bibliographie récente dans Van Liere, *Anoxia, its effects on the body*. The University of Chicago press, 1943.

au bout de 50 minutes, la pression partielle de l'oxygène est tombée à 28^{mm}, tandis que le jeune rat a résisté à cette épreuve. A quoi est due cette résistance des jeunes animaux à l'hypoxie?

Dans l'expérience précédente on remarque que le rat adulte au moment de la mort avait sa température à 32°,8, tandis que le jeune survivant avait la sienne à 26°,4. Dans le même espace de temps et dans les mêmes conditions le survivant s'était beaucoup plus refroidi que l'adulte mort. C'est que les jeunes animaux sont plus susceptibles au froid et que la diminution des combustions due à l'hypoxie produit chez eux un abaissement de la température plus important que chez les adultes. Sachant, d'autre part, que l'hypothermie augmente la résistance à l'hypoxie, nous nous sommes demandé si le fait classique de la résistance des jeunes animaux et des nouveau-nés n'était pas dû simplement à ce qu'ils se refroidissent plus promptement que ne le font les adultes dans l'hypoxie aux températures ambiantes ordinaires.

Pour vérifier cette hypothèse voyons si l'on retrouve le fait en question lorsqu'on empêche le refroidissement des animaux au cours de l'hypoxie progressive. En expérimentant aux températures ambiantes suffisamment élevées pour éviter l'apparition de l'hypothermie, à 34° pour l'adulte, à 36° pour le nouveau-né, on constate qu'un rat de sept jours, pesant $11^g,5$, meurt lorsque la pression de l'oxygène est tombée à 70^{mm}, tandis qu'un rat adulte est mort dans les mêmes conditions d'hypoxie progressive à la pression de 63^{mm}. Comme on le voit, dans ces conditions rendant l'hypothermie impossible, le nouveau-né n'est pas plus résistant à l'hypoxie que l'adulte.

On constate le même fait chez le pigeon lorsqu'on empêche la baisse de la température corporelle. Dans ces conditions un pigeon adulte meurt à la pression partielle de l'oxygène de 60^{mm}, tandis qu'un pigeon de dix jours meurt à la pression de 58^{mm}. Même constatation pour le poulet : en opérant à 37°, le poussin, le vingtième jour de l'incubation, c'est-à-dire la veille de l'éclosion, meurt dans l'œuf lorsque la pression de l'oxygène est tombée à 70^{mm}; il en est exactement de même du poussin sorti de l'œuf depuis 30 heures. Un poulet de plusieurs mois meurt à peu près à la même pression, toujours lorsqu'on empêche l'hypothermie par une température ambiante convenable. Par conséquent, à température corporelle normale, il n'y a pas de différence entre adultes et nouveau-nés quant à la résistance à l'hypoxie. L'hypothermie augmente cette résistance des adultes aussi bien que celle des nouveau-nés. En opérant à 26° un chat de deux jours meurt lorsque la pression de l'oxygène est tombée à 51^{mm}, tandis qu'à la température extérieure de 36°, empêchant l'hypothermie, un autre chat de la même portée expire déjà à la pression de 80^{mm}.

A cet effet de l'hypothermie sur la résistance à l'asphyxie se rattache un fait constaté par Claude Bernard ([1]), à savoir que lorsqu'on introduit un moineau

([1]) *Leçons sur les effets des substances toxiques et médicamenteuses*, Paris, 1883, p. 119.

dans une atmosphère viciée par la présence d'un autre moineau, c'est le nouveau venu qui succombe le premier. Répétant cette expérience à différentes températures ambiantes, on constate, avec la souris aussi bien qu'avec le moineau, que lorsque la température extérieure au lieu d'être celle du laboratoire est suffisamment élevée pour empêcher l'hypothermie du sujet confiné, il n'y a plus de différence entre les deux sujets au point de vue de la résistance à l'asphxyie : ils expirent au même moment.

Ces faits montrent que l'hypothermie augmente la résistance à l'hypoxie et à l'asphyxie par confinement et que les jeunes animaux et les nouveau-nés sont plus résistants seulement parce qu'ils sont plus sujets à l'hypothermie que les adultes dans les mêmes conditions d'hypoxie et de température ambiante. Une conclusion, qui pourrait avoir une importance pratique, que Paul Bert (²) avait déjà formulée, est à tirer de ces expériences : pour augmenter la résistance à l'asphyxie ou à l'hypoxie il y a avantage à ne pas empêcher complètement l'hypothermie qui s'installe dans les conditions ordinaires de température ambiante.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Dissociation de la chronologie du développement larvaire chez le têtard de* Rana temporaria *L., soumis à l'action de doses élevées d'éthinyl-testostérone.* Note de M. **Louis Gallien**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'éthinyl-testostérone (prégnéninolone) administrée en solution aqueuse et à doses élevees (20 mg/l d'eau), à des têtards de *Rana temporaria*, depuis leur éclosion, exerce sur la thyroïde une action inhibitrice puissante. Celle-ci se traduit notamment par un blocage apparent de l'évolution larvaire. Alors que les témoins se métamorphosent au bout de 72 jours en moyenne, 27 animaux traités se trouvent, à l'âge de 120 jours, dans un état correspondant sensiblement à celui que présentent les témoins vers le 40ᵉ jour. La queue, le tégument, le bec corné, ne manifestent aucun signe de transformation, la croissance des pattes est bloquée et celles-ci restent petites. Cependant la croissance générale de l'organisme se poursuit, les têtards atteignent jusqu'à 55^{mm} de long.

On réalise ainsi un blocage de l'évolution larvaire. L'éthinyl-testostérone ayant, par ailleurs, une propriété masculinisante chez le têtard de *Rana temporaria*, il est intéressant d'étudier l'évolution de l'apareil urogénital chez ces têtards. On sait que, chez *R. temporaria*, le pronéphros qui est fonctionnel pendant la vie larvaire, s'involue rapidement et disparaît pendant les jours où s'opère la métamorphose. En même temps toute la région dianéphrétique de l'uretère primaire, c'est-à-dire celle qui est située antérieurement par rapport au mésonéphros, s'involue également pour ne plus former qu'un cordon mince, plein. La région postérieure de l'uretère primaire, celle qui intéresse

(²) *Leçons sur la Physiologie comparée de la respiration*, Paris, 1870, p. 555.

le mésonéphros, reste fonctionnelle, ce sera la voie évacuatrice de l'urine et, chez le mâle, du sperme. Or, à plus de 100 jours chez les têtards traités par la prégnéninolone, le pronéphros et l'ensemble de l'uretère primaire sont encore présents et fonctionnels, ce qui traduit la persistance d'une organisation caractéristique de la larve. Chez de tels animaux, on constate que la région dianéphrétique de l'uretère primaire ne manifeste aucune réactivité à la prégnéninolone, cependant qu'à partir du mésonéphros, le canal de Wolff présente une hypertrophie, qui va croissant dans le sens céphalocaudal, au point de développer postérieurement au rein, une vésicule séminale énorme, avec épithélium épais, bourgeonnant et formation de cryptes. L'action se manifeste selon un gradient d'intensité décroissante caudo-céphalique, le pôle de haute sensibilité étant situé un peu en avant du cloaque (région de la vésicule séminale).

Cette observation démontre que l'uretère primaire, dans ce cas, acquiert la valeur d'un territoire sexuel, soumis à l'action androgène, seulement dans sa seconde partie, celle qui commence avec le mésonéphros et à l'exclusion de sa région dianéphrétique antérieure.

La gonade est masculinisée, et 100 % des individus de cette race indifférenciée ont des testicules. Cet état est atteint à la métamorphose, pour des têtards traités par de faibles doses de prégnéninolone (0,02 mg/l). Chez les têtards traités par de fortes doses (20 mg/l), et dont l'ensemble de l'évolution larvaire est bloquée, le testicule poursuit son organisation. On note le développement des ampoules séminifères et, dans la medulla, on observe l'édification des voies efférentes du testicule. Remarquons enfin que, même aux très fortes doses, nous n'avons pas observé la formation d'une micro-callosité sur le pouce.

Ainsi, chez le têtard dont l'évolution larvaire est arrêtée, en tout cas fortement ralentie, à la suite de l'inhibition thyroïdienne, la gonade et le canal de Wolff traduisent fortement l'action androgène de l'hormone et poursuivent activement leur organogenèse. Le têtard conservant par ailleurs ses structures larvaires caractéristiques, notamment son pronéphros et l'intégralité de son uretère primaire, se trouve engagé sur la voie d'un néoténie qui reste cependant partielle (absence de spermatozoïdes). On dissocie aussi l'allure de la chronologie organogénétique en utilisant deux des propriétés de l'éthinyltestostérone : inhibition de la thyroïde et action androgène de cette hormone.

HELMINTHOLOGIE. — *Morphologie comparée de l'appareil reproducteur chez les Nématodes trichuroïdæ.* Note de M. **Émile Roman**, présentée par M. Émile Roubaud.

A l'occasion d'un travail sur les Acanthocéphales et les Nématodes des rats ([1]), j'ai observé le tube génital chez tous les genres de Trichuroïdæ, sauf

([1]) *Thèse Sc. nat.*, Lyon, 1949 (à paraître).

chez *Cystopsis*. Mes constatations complètent celles de C. J. Eberth ([2]), R. Leuckart ([3]), M. Rauther ([4]), A. C. Chandler ([5]) chez divers *Trichuris*, de L. Jaegerskiöld ([6]) chez un *Capillaria* d'Oiseau, de O. Bütschli ([7]) et de J. Thomas ([8]) chez *Trichosomoïdes crassicauda* de R. Leuckart ([9]), chez *Trichinella spiralis*. Dans tous ces groupes, les appareils mâle et femelle sont construits sur le même plan.

Chez tous les mâles examinés, le testicule est dirigé d'arrière en avant jusque vers l'origine de l'intestin; le spermiducte est disposé en sens inverse jusqu'à son arrivée dans le cloaque. Chez *Trichuris* et *Capillaria*, ce dernier est différencié en canaux déférent et éjaculateur; il existe un spicule accompagné d'une gaine. Chez les mâles nains de *Trichosomoïdes* et chez ceux de *Trichinella*, également de petite taille, l'aspect du spermiducte rappelle partout celui du canal déférent des genres précédents; il n'y a pas d'appareil copulateur invaginable, mais le mâle de *Trichinella* porte deux papilles clacales externes. Chez *Capillaria*, le testicule commence à la jonction des deux portions du spermiducte; il débute près de l'origine du cloaque dans les autres genres.

Chez les femelles étudiées, l'ovaire est diposé d'arrière en avant, l'oviducte a une direction en général inverse, l'utérus et le vagin qui lui fait suite ont la même direction que l'ovaire. Chez *Trichuris* les trois premiers segments du tube génital sont de longueur analogue et s'étendent sur tout l'arrière-corps qui est très élargi. Chez *Capillaria*, ovaire et utérus, de longueurs presque égales, se font suite d'arrière en avant et occupent chacun une bonne moitié de l'arrière-corps; l'oviducte, beaucoup plus court, présente notamment, par rapport aux autres segments, une longueur variable qui caractérise les espèces. Dans les deux genres précédents, l'œuf n'est pas divisé au moment de la ponte. Malgré une très grande différence de taille, les femelles de *Trichosomoïdes* et *Trichinella* ont en commun un ovaire bien plus court que l'utérus, où les œufs s'embryonnent; ils y éclosent chez *Trichinella*. Chez *Trichosomoïdes*, l'oviducte, presque aussi long que l'ovaire, a un trajet antéro-postérieur; chez *Trichinella*, il est très court et continue la direction de la glande reproductrice; chez *Trichosomoïdes*, le vagin est court; il est plus allongé chez *Trichinella* où, contrairement aux autres genres, il occupe, avec l'utérus terminal, l'arrière de la région œsophagienne.

([2]) *Zeitschr. wiss. Zool.*, 10, n° 3, 1860, p. 383-400.
([3]) *Die menschlichen Parasiten*, Leipzig et Heidelberg, 1876.
([4]) *Zool. Jahrb., Abt. Anat.*, 40, n° 4, 1918, p. 441-514.
([5]) *Journ. Parasitol.*, 16, n° 4, 1930, p. 198-206.
([6]) *Kongl. swensk. Vetens Akad.*, 25, n° 2, 1901, p. 1-180.
([7]) *Arch. Naturges*, 38, I, 1872, p. 236-241.
([8]) *Journ. Parasitol*, 10, n° 3, 1924, p. 105-136.
([9]) *Untersuchungen über* Trichina spiralis, Leipzig et Heildelberg, 1860.

Sans compter *Cystopsis*, la classification habituellement adoptée [M. C. Hall(10), H. A. Baylis et R. Daubney (11), W. Yorke et P. A. Maplestone (12), M. Rauther (13), C. E. Sprehn (14), B. G. Chitwood et M. B. Chitwood (15)] divise les Trichuroïdæ en trois familles; je diviserais plus volontiers ce groupe en deux familles seulement, principalement basées sur des caractères anatomiques : les Trichuridæ avec *Trichuris* et *Capillaria* et les Trichinellidæ avec *Trichosomoïdes* et *Trichinella*. Cette conception est très proche de celle qu'a soutenue M. Neveu-Lemaire (16).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude sur le nombre de noyaux hépatiques au cours de l'inanition protéique prolongée*. Note de M. **Paul Mandel**, Mlle **Monique Jacob** et Mme **Lila Mandel**, présentée par M. Maurice Javillier.

Dans nos recherches antérieures (1) il a été démontré que, malgré une dénutrition protéique très sévère faisant perdre à l'animal 40 à 45 % de son poids corporel et 40 à 60 % de ses protéines, l'acide désoxypentosenucléique total d'un organe reste constant et ceci qu'il s'agisse du foie, du rein ou du muscle. Nous avons également constaté que l'acide désoxypentosenucléique d'un groupe musculaire ne subit pas de modifications sensibles malgré une atrophie très prononcée. Devant ces faits, nous nous sommes démandé si le nombre de noyaux et, par suite, la quantité d'acide désoxypentosenucléique par noyau reste constante dans nos conditions expérimentales. Les examens histologiques, ayant révélé l'absence de mitoses ou pycnoses, permettaient de prévoir que le nombre de noyaux restait effectivement sans changement. Mais des preuves directes étaient à fournir.

Nous avons déterminé le nombre de noyaux du foie de trois lots de rats. Les sujets de chaque lot appartenaient à une même portée issue de croisements entre animaux également d'une même portée. Chez les rats sélectionnés de cette façon nous avons noté déjà antérieurement une constitution chimique et des rapports (poids d'un organe/poids corporel) extrêmement voisins. Ainsi il était permis de comparer le nombre de noyaux du foie des témoins normaux à ceux de sujets soumis à une inanition protéique prolongée

(10) *Proc. U. S. Nat. Museum*, 50, 1916, p. 1-258.

(11) *A synopsis of the families and genera of Nematoda*, London, British Museum, 1926.

(12) *The Nematodes parasites of Vertebrates*, London, 1926.

(13) Von W. Kückenthal et Th. Krumbach, *Nematodes in Handbuch der Zoologie*, II, I. Hälfte, Berlin, 1930, p. 229-448.

(14) *Lehrbuch derHelmintologie*, Berlin, 1932.

(15) *An introduction to Nematodology*, sect. I, part I, Baltimore, 1937.

(16) *Traité d'Helminthologie médicale*, Paris, 1938.

(1) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2019; 228, 1949, p. 957; *C. R. Soc. Biol.*, 143, 1949, p. 536; *Congrès Intern. Chim. Biol. Cambridge*, 1949, Abstracts, p. 291.

(50 à 75 jours), les animaux ayant été semblables au début de l'expérience. Les noyaux ont été isolés par la technique de Marshak-Dounce ([2]), ([3]) légèrement modifiée et leur numération effectuée à la cellule de Thoma. Six déterminations sur trois prises différentes ont été faites dans chaque essai.

L'intégrité de l'extraction des noyaux a été vérifiée par le dosage d'acide désoxypentosenucléique dans le liquide surnageant. Les quantités ainsi trouvées ne dépassent pas 7 % de l'acide désoxypentosenucléique hépatique total et sont sensiblement les mêmes chez les témoins et chez les jeûneurs.

Dans ces conditions, la valeur moyenne du nombre de noyaux hépatiques, qu'il s'agisse de témoins ou de jeûneurs est de $1\,225.10^6$ pour un poids moyen de 267^g. A l'intérieur des lots et rapportés à 100^g de poids corporel initial, les nombres respectifs pour les témoins et les jeûneurs sont de 4,37 et 4,24; 4,83 et 4,95; 4,45 et 4,74 multiplié par 10^6. Il s'agit donc de variations minimes dans un sens ou dans l'autre restant dans la marge des erreurs expérimentales. On peut en conclure que la quantité absolue de noyaux hépatiques, donc du nombre de cellules, chez les sujets à l'état d'inanition protéique prolongée, est sensiblement identique à celle des sujets témoins. Comme nous avons démontré d'autre part que l'acide désoxypentosenucléique total d'un organe restait constant à la fin du jeûne azoté, on peut en déduire que la quantité d'acide désoxypentosenucléique de chaque noyau est restée inchangée.

En résumé, la fixité du nombre de noyaux du foie malgré une inanition protéique prolongée, jointe à la démonstration fournie antérieurement que l'acide désoxypentosenucléique total des organes ne subit pas de changements au cours de cette inanition, permet de conclure que la quantité d'acide désoxypentosenucléique des noyaux reste constante malgré un jeûne protéique très sévère.

([2]) *J. Gen. Physiol.*, 25, 1941, p. 275.
([3]) *J. Biol. Chem.*, 151, 1943, p 235.

La séance est levée à 16^h

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 21 novembre 1949.)

Note présentée le 24 octobre 1949, de M[lle] *Rose Aynard*, Excitation du doublet jaune du sodium par l'hydrogène atomique :

Page 1069, ligne 5 en remontant, *au lieu de* $v = 5(2{,}297\ \text{eV})$, *lire* $v = 5(2{,}285\ \text{eV})$.

Page 1071, ligne 9 en remontant, *au lieu de* 3,783 eV, *lire* 3,733 eV.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DU LUNDI 19 DÉCEMBRE 1949.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

M. **Charles Jacob** prononce l'allocution suivante :

Mes chers Confrères,

En cette séance publique, votre Président doit d'abord rappeler nos morts de l'année : deux Membres et quatre Correspondants. Leur liste, heureusement plus courte que d'habitude, s'est hélas augmentée cette nuit du nom de M. **Richard Fosse**, de notre Section d'Économie rurale. L'annonce de son décès vient de nous parvenir et son éloge sera prononcé à la prochaine réunion de notre Académie.

Dans la seconde partie de mon allocution et les brefs instants qui lui sont dévolus, je vous entretiendrai des rapports de la Science et de l'Industrie, à propos des vastes travaux en cours dans la vallée du Rhône, pour l'aménagement, entre Montélimar et Orange, d'un tronçon du fleuve dit de Donzère-Mondragon.

Jules Drach (¹), Membre de notre Section de Mécanique depuis le 10 juin 1929, est décédé dans la nuit du 7 au 8 mars; il était né à Sainte-Marie-aux-Mines le 13 mars 1871. Ses études secondaires le conduisirent à l'École Normale et préludèrent pour lui à une carrière universitaire à Clermont, Lille, Poitiers, Toulouse, finalement à la Sorbonne. Conséquences d'aptitudes remarquées dès l'École Normale par Jules Tannery, ses travaux ont témoigné d'une ténacité et d'une continuité peu communes. Il débuta par des vues originales et hardies sur la définition du nombre algébrique à partir des nombres entiers. Il en vint ensuite à la notion de l'intégration logique; mais c'est surtout en Analyse, avec l'introduction de la notion algébrique de l'irréductibilité, que son apport a été fondamental. Également sur le plan théorique, Drach s'est préoccupé de l'application de ses conceptions à des problèmes

(¹) Notice par Gaston Julia (*Comptes rendus*, 228, 1949, p. 877).

divers d'Analyse, de Mécanique et de Physique mathématique. Enfin, pendant la guerre de 1914-1918, affecté à une usine de munitions, son concours y fut aussi avisé que pratique.

René Maire (1), Correspondant pour notre Section de Botanique le 4 juin 1923, Membre non résidant le 6 mai 1946, s'est éteint le 24 novembre. Né à Lons-le-Saunier le 29 mai 1878, il montra de très bonne heure une vocation de botaniste, avec l'étude et même des publications précoces sur les végétaux franc-comtois. Étudiant d'abord à Dijon, puis à Nancy, où il exerça ses premières fonctions universitaires, il vint ensuite à Caen, finalement à Alger en 1911. Son œuvre, de premier plan, se rapporte à trois domaines principaux : la Cytologie ou étude de la cellule et des tissus, et cela à propos du noyau et de la reproduction des Champignons; la Mycologie ou étude des Champignons eux-mêmes, les plus divers, considérés à tous les points de vue, et dont il a été l'un des meilleurs connaisseurs contemporains; enfin et surtout, l'étude systématique et floristique des végétaux supérieurs en Afrique du Nord, de la Lybie au Maroc et jusque dans le Sahara central. Dans ce troisième ordre d'activité, René Maire, avec ses nombreuses publications et l'inestimable herbier rassemblé à Alger, a engagé tout un avenir qu'il faudra, d'une manière ou d'une autre assurer.

Parmi nos Correspondants disparus, trois sont étrangers, le quatrième étant de nationalité française. Ils vont être rappelés dans l'ordre de nos sections.

Torsten Carleman (2), Correspondant pour notre Section de Géométrie depuis le 25 mars 1946, est décédé le 11 janvier. Il était né à Visseltofta dans le Sud de la Suède le 8 juillet 1892. Étudiant à Upsal, il y poursuivit toute sa carrière. Son œuvre, témoignant d'une originalité saisissante et de rares qualités de pénétration qui ont fait progresser les problèmes les plus difficiles de l'Analyse et de la Physique mathématique, place son nom parmi ceux des grands mathématiciens scandinaves, à côté d'Abel et de Sophus Lie. Il connaissait et aimait notre pays, où, déjà au cours de ses études, et, finalement pour des colloques ou des cours à Nancy et à Paris, il vint à plusieurs reprises.

Également suédois, **Carl Östen Emanuel Bergstrand** (3), Correspondant pour notre Section d'Astronomie depuis le 11 juillet 1938, est décédé le 27 septembre 1948. Nous n'en avons été prévenus que tardivement et c'est pourquoi notre Président de l'an dernier ne vous en a point parlé. Né à Stockholm le

(1) Notice par Charles Jacob (*Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1093).
(2) Notice par Gaston Julia (*Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 445).
(3) Notice par André Danjon (*Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 521).

1[er] septembre 1873, il y passa le principal de sa vie, comme étudiant, astronome, professeur et finalement directeur de l'Observatoire. Son œuvre, de très grande classe, a touché à des sujets divers, avec successivement des recherches aussi minutieuses que sagaces, notamment à propos de la photographie des étoiles, de la détermination précise de leurs parallaxes, c'est-à-dire des angles sous lesquels du centre des étoiles se verrait le demi-orbite terrestre, recherches sur les satellites de la planète Uranus, enfin sur la couronne solaire. Comme à propos de son compatriote plus jeune, Carleman, nous ne pouvons oublier qu'il était venu chez nous, ayant en particulier travaillé à notre observatoire de Meudon.

André Boivin (1), Correspondant pour notre Section d'Économie rurale depuis le 26 janvier 1948, est mort le 8 juillet. Né à Auxerre le 18 avril 1895, il poursuivit des études à la fois scientifiques et médicales, d'abord à Marseille; puis il vint à Strasbourg, alla ensuite pendant six années comme professeur à Bucarest et revint en France, d'abord à l'Institut Pasteur de Paris, pour retourner finalement à Strasbourg dans la chaire de chimie médicale de la Faculté de médecine. Ses travaux débutèrent par de délicats microdosages de substances, souvent en quantités infimes dans les sécrétions, telles que l'urée, les purines et autres. Puis, notamment à propos de l'insuline, il se lance dans la Chimie physiologique et pathologique. Vient ensuite la Chimie microbienne qui l'amène à aborder le vaste domaine de l'Immunochimie naturelle ou provoquée, avec l'étude des substances antigènes ou antagonistes des toxines. Énergique, indépendant, ce savant avait du rayonnement tant à l'étranger qu'en France, et sa fin prématurée prive la Biochimie d'un maître dont on pouvait beaucoup escompter.

Enfin, **Emmanuel Constantin Teodoresco** (2), Correspondant pour notre Section de Botanique depuis le 28 avril 1939, est décédé le 25 avril. Né le 10 mai 1866 à Siminicea dans le Nord de la Moldavie, il avait en somme achevé de se former en France, chez Gaston Bonnier, tant à la Sorbonne qu'au Laboratoire de Fontainebleau. Il devint ainsi un adepte et un brillant représentant de la Physiologie végétale. Il a étudié l'action des différentes radiations sur les plantes vertes, l'influence de l'acide carbonique plus ou moins dilué dans l'atmosphère les environnant, les mouvements des plantes volubiles et bien d'autres questions encore. Professeur à l'Université de Bucarest, il revenait souvent prendre contact avec nous et se trouvait en particulier en France en 1939, lors de la déclaration de la guerre qui, par la suite, a si gravement atteint la Roumanie.

(1) Notice par Maurice Javillier (*Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 155).
(2) Notice par Raoul Combes (*Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1897).

Abordant maintenant les réflexions annoncées sur la collaboration de la science et de l'industrie à propos des grands travaux dans la vallée du Rhône, quelques données préliminaires situeront l'ampleur de ceux-ci.

Venant du Lac de Genève, le fleuve entre en France vers Pougny-Chancy avec un plan d'eau à la cote d'étiage, c'est-à-dire de basses-eaux, voisine de 330^{m}, et un débit moyen de 380^{m^3} par seconde. Jusqu'à Lyon, exactement jusqu'au confluent avec la Saône, on a affaire au Haut-Rhône français des Ingénieurs, tandis qu'à l'aval et jusqu'à la région de Beaucaire-Tarascon, il s'agit du Bas-Rhône. Les deux tronçons, kilométrés à partir de Lyon, ont respectivement des longueurs de 189^{km} et 262^{km}. A Lyon, le plan d'eau est passé à 161^{m}, et le débit moyen à 600^{m^3} par seconde, tandis que, tout-à-fait à l'aval, exactement à Vallabrègues, en amont de Beaucaire, la cote du plan d'eau est descendue à $4^{m},50$, et le débit moyen approche de $1\,900^{m^3}$ par seconde. Ces chiffres ne sont cités que pour préciser qu'avec les longueurs indiquées et une chute totale de 326^{m} environ, le fleuve, complètement équipé, pourrait fournir quelque quinze milliards de kilowatts-heure annuels, susceptibles de s'ajouter à la trentaine de milliards dont dispose actuellement l'Électricité de France avec ses centrales tant thermiques qu'hydrauliques.

Dans notre pays, riche en hautes chutes, c'est par elles que l'industrie privée a commencé l'aménagement, tel que ma prime jeunesse en a vu l'essor, par exemple sur le versant gauche de la vallée de l'Isère, en amont de Grenoble, où les longs serpents noirs des conduites métalliques ont capté les torrents du Massif de Belledonne. Ce n'est que plus tard qu'on en est venu aux basses chutes, et c'est ainsi, pour le Rhône, qu'a été constituée en 1933 une Compagnie Nationale, avec la mission d'étudier, puis de réaliser, à la cadence des moyens financiers et industriels du pays, l'aménagement du grand fleuve à la fois pour l'emploi hydroélectrique et pour la navigation.

Il ne saurait être question ici de détailler, ni même d'énumérer la vingtaine de projets qui découpent le fleuve en une série de biefs séparés par des barrages-écluses, en se conformant évidemment à la topographie et aussi à la nature du sous-sol dans les régions diverses qui sont traversées.

Pour le Haut-Rhône, vous avez tous entendu parler du barrage de Génissiat, près de Bellegarde, dont la Centrale dite Léon Perrier, du nom du regretté Président de la Compagnie Nationale du Rhône, a été mise en route le 19 janvier 1948 et fonctionne depuis. A vrai dire, là, les projets initiaux ont été bien antérieurs à 1933, et il est juste de rappeler ceux à l'édification desquels a participé, du côté technique, entre 1902 et 1909, notre regretté Confrère André Blondel, dont le nom reparaîtra tout à l'heure. Pour les pronostics géologiques décisifs, que la suite a vérifiés dans l'ensemble, ils sont dus à notre Associé étranger, M. Maurice Lugeon, notamment dans le mémoire publié par la Société géologique de France en 1912. Et, puisque nous sommes en une séance

annuelle, dite séance des prix, il est bien permis de souligner que, plus tard, à la suite de l'exécution et de la réussite des travaux, notre Académie a décerné l'an dernier son prix Caméré à l'Ingénieur maître de l'œuvre, M. Pierre Delattre.

Quant au Bas-Rhône, c'est actuellement sur le tronçon Donzère-Mondragon que portent les efforts de réalisation. Avec mon collègue de Montpellier, Georges Denizot, je m'y trouve associé pour la partie géologique. C'est ainsi, au cours de visites toutes récentes des lieux, que l'idée m'est venue de vous en parler.

La chute s'amorce à la sortie méridionale de la cluse de Donzère, suivant laquelle le Rhône entaille une belle voûte de calcaires urgoniens assez massifs, et le projet aboutit, à 30^{km} plus au Sud, à un nouveau resserrement de la grande vallée, dominée sur la rive gauche par des escarpements de grès résistants, du style de ceux que couronnent les ruines du château de Mondragon. Entre ces deux « étroits », le Rhône, avec de nombreuses îles et un cours sinueux « de farandole », suivant la comparaison imagée de Frédéric Mistral dans son immortel *Poème du Rhône*, le Rhône est cependant repoussé dans l'ensemble vers l'Ouest, vers la bordure sédimentaire du Massif Central dans le Vivarais, par les apports, par le débit solide de ses affluents de gauche : la Berre, le Lauzon et le Lez. Sur la rive gauche, le fleuve est accompagné de Donzère à Mondragon par une large plaine alluviale, frangée elle-même à l'Est par une terrasse, par un gradin d'alluvions un peu plus élevées, en contre-bas des pittoresques collines de la Garde-Adhémar, Saint-Paul-Trois-Châteaux et autres. Dès lors, le projet creuse un canal dans les plaines de la rive gauche, avec prise à la sortie de la chute de Donzère et restitution au Sud de Mondragon dans les parages de l'Ile Saint-Georges.

Ce canal est d'un calibre impressionnant, dépassant celui du Canal de Suez : il est prévu en effet avec une largeur de 150^{m} à la base et avec 10^{m} de profondeur, pour conduire les $1\,500^{m^3}$ par seconde, qui, grâce à la chute qui passe de 25^{m} à 18^{m} suivant que le Rhône est en période d'étiage ou en période de grandes inondations, fourniront environ 2 milliards de kilowatts-heure annuels.

Tant pour les barrages initiaux que pour fixer la place exacte de la restitution, et aussi suivant tout le tracé du canal, la nature du terrain a exigé de sérieuses études. Il en a été de même pour situer l'usine-écluse qui partagera le canal en deux parties : le canal d'amenée à l'amont et le canal de fuite à l'aval, usine qui s'appellera Centrale André Blondel, rappelant ainsi le nom du grand ingénieur et grand savant à qui M. Louis de Broglie a consacré ici même, en 1944, une de ses notices annuelles.

La reconnaissance des terrains est essentiellement affaire de géologie; il peut s'y ajouter toutefois un précieux concours de l'industrie. Initialement, le

géologue ne dispose que de ce qu'il voit sur les affleurements, c'est-à-dire sur les surfaces dépourvues ou décapées du manteau végétal; mais la profondeur lui échappe, sauf ce qu'il croît pouvoir en rétablir d'après ses propres observations. Interviennent alors les sondages mécaniques, lorsque, pour des fins utilitaires, on a les moyens d'en poursuivre. Sait-on, pour le dire en passant, à quelles profondeurs impressionnantes on atteint aujourd'hui dans les recherches de pétrole? Aux États-Unis, des sondes sont descendues jusqu'à 6200^m. L'Europe suit à distance avec les 4160^m traversés chez nous par un grand sondage sur l'axe de l'accident de Bastennes-Gaujac dans le Bassin d'Aquitaine.

Pour emplacer les sondages, le géologue a déjà son mot à dire, mais il est aidé puissamment aussi par les indications que peuvent apporter les procédés empruntés à la Géophysique. Ceux-ci consistent essentiellement à rechercher des anomalies dans le jeu des phénomènes physiques souterrains, soit naturels, soit provoqués, anomalies tenant à ce que le sous-sol n'est point homogène, mais comporte des ensembles rocheux de constitution et de propriétés physiques différentes. Anomalies dans l'attraction terrestre, vulgairement la pesanteur; dans la composante verticale de la force qui oriente l'aiguille aimantée; dans les caractéristiques du cheminement de courants électriques artificiels expédiés dans le sous-sol et dans celles aussi du cheminement de courants naturels dits telluriques, d'origine encore mystérieuse, déferlant parfois en tempête, mais toujours présents; enfin dans la transmission d'ondes provoquées par des explosions, ondes émises dans le sous-sol et qui peuvent parfois se réfléchir sur des miroirs hypothétiques qui sont à expliquer par des conditions de structure. Voilà, pour la prospection, bien des éléments, bien des mesures possibles avec les instruments appropriés par les méthodes dites respectivement gravimétriques, magnétiques, électriques et telluriques, de sismique-réfraction et de sismique-réflexion, méthodes qui ont fait tant de progrès dans les dernières années. Elles sont utilisées toutes, par exemple à la Compagnie Générale de Géophysique, dérivée en partie des travaux scientifiques et techniques du grand initiateur en matière de sondages électriques, le regretté Conrad Schlumberger, Compagnie dirigée aujourd'hui par M. l'Ingénieur Léon Migaux, lauréat de notre Médaille Laplace en 1922, qui se trouve être à l'occasion mon professeur de géophysique, au moins lorsqu'il s'agit d'assurer une liaison étroite avec la géologie.

A Donzère-Mondragon, où les reconnaissances nécessaires sont peu profondes, il a suffi d'employer la méthode électrique, et cela surtout à propos de la recherche d'un bon emplacement pour l'usine André Blondel. Primitivement, on situait celle-ci dans la plaine du Rhône au voisinage de la gare de Bollène-la-Croisière : elle aurait été ainsi fondée sur des argiles pliocènes, perspective déjà à moitié encourageante, mais surtout le canal d'amenée

arrivait à l'usine avec un cortège de digues impressionnantes. On a donc procédé à des recherches plus à l'amont, près de l'église Saint-Georges sur une banquette de terrasse un peu plus élevée que la plaine du Rhône.

La géophysique avec ses mesures électriques a fait prévoir en profondeur une roche différente des argiles pliocènes. Immédiatement, des sondages mécaniques ont été entrepris et, sous les alluvions de la terrasse, ils ont recueilli des échantillons, des *carottes* d'un grès assez consistant, du cortège des grès de Mondragon, grès à leur place du reste dans la prolongation du substratum des collines de Saint-Paul-Trois-Château. Les sondages mécaniques se multipliant, on a pu dresser un plan coté de la surface de ces grès et en reconnaître une étendue suffisante pour l'usine. L'assise est aujourd'hui décapée, et elle se présente avec un substratum tout à fait analogue à celui du célèbre théâtre romain d'Orange, situé à une vingtaine de kilomètres plus au Sud.

Quoi qu'il en soit des explications précédentes qui gagneraient à de beaucoup plus longs développements et aussi à la présentation d'une illustration qui n'est guère possible sous cette Coupole, les chantiers de Donzère-Mondragon sont actuellement en pleine activité et d'un aspect véritablement grandiose. Sur les 50 millions de mètres cubes de matériel meuble à creuser et à déplacer, plus de 12 millions le sont déjà, et cela avec des engins mobiles d'allure apocalyptique, tant pour les creusements à sec ou sous l'eau que pour le transport des déblais et l'édification des digues latérales. Ces engins sont principalement de provenance américaine ou hollandaise, ces derniers à vrai dire de conception française, et tout cet outillage travaille jour et nuit sous la direction de nos Ingénieurs et entre les mains des six mille ouvriers d'un vaste consortium d'Entreprises de notre pays.

Indépendamment du caractère spectaculaire de tels efforts, quel profit la géologie peut-elle en tirer? Ici, ce ne sont plus simplement de médiocres affleurements, mais de vastes fossés ou des talus artificiels qui s'offrent à la vue. On y récolte des données précises quant à la nature détaillée des terrains sous-jacents, quant au comportement des nappes d'eau souterraines, quant au tassement différentiel du matériel transporté dans les digues : limons, argiles, sables et graviers. Et de grandes questions théoriques risquent même de prendre une physionomie nouvelle, par exemple à propos des argiles pliocènes, déposées lors de la dernière transgression marine venue de la Méditerranée dans la vallée du Rhône, et peut-être aussi à propos de déformations d'ensemble, *tectoniques* comme l'on dit, qui auraient affecté ces argiles par la suite, c'est-à-dire à une époque géologiquement très récente.

Dans le cas particulier de Donzère-Mondragon, il n'est donc pas exagéré d'insister sur les bénéfices réciproques que peuvent retirer de leurs relations étroites et la science et la technique. Cela est vrai à bien d'autres titres et dans bien d'autres domaines que les grands travaux et, progressivement, on le com-

prend chaque jour davantage dans toutes les directions et chez toutes les nations. A l'étranger, de vastes organismes tendent à mieux assurer, à mieux charpenter, la coopération des laboratoires scientifiques et de toutes les industries. En France, où subsistent peut-être encore trop de cloisons étanches et où n'existent pas systématiquement des *Departments of scientific and industrial research* comme on en rencontre notamment dans les pays anglo-saxons, nous n'en enregistrons pas moins entre la science et l'industrie de fécondes associations, dont certaines de longue date. Je souhaite, Messieurs, que vous ne m'en vouliez pas trop d'avoir essayé d'exposer, aujourd'hui, devant vous, un exemple particulièrement intéressant de ce genre.

Je donne la parole à M. ROBERT COURRIER, Secrétaire perpétuel, pour la lecture des prix et subventions.



PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1949.

MATHÉMATIQUES.

Commissaires : MM. J. Hadamard, É. Borel, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, A. Denjoy, J. Pérès.

PRIX CARRIÈRE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Maurice Gevrey**, professeur à la Faculté des sciences de Dijon, pour ses travaux sur les équations aux dérivées partielles. *Rapporteur :* M. J. Chazy.

PRIX VICTOR THÉBAULT (3.000fr). — Le prix est décerné à MM. **Raymond Estève**, professeur agrégé au Lycée Jacques-Decour, à Paris, et **Henri Mitault**, professeur honoraire au Lycée Saint-Louis, pour leur *Cours de mathématiques. Rapporteur :* M. E. Cartan.

PRIX LEONARD EUGENE DICKSON (4.000fr). — Le prix est décerné à M. **René de Possel**, professeur à la Faculté des sciences d'Alger, pour l'ensemble de ses travaux d'analyse. *Rapporteur :* M. E. Borel.

MÉCANIQUE.

Commissaires : MM. É. Borel, J. Drach, A. de Gramont, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot, J. Pérès, E. Vessiot, H. Beghin.

PRIX MONTYON (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Paul Germain**, ingénieur de recherches à l'Office national des études et recherches aéronautiques, pour ses travaux sur l'aérodynamique supersonique. *Rapporteur :* M. J. Pérès.

PRIX BOILEAU (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Pierre Danel**, professeur à l'École d'hydrologie de Grenoble, pour ses applications de l'hydraulique aux grands ouvrages de captage de l'énergie et l'amélioration qu'il a apportée dans la précision des modèles réduits. *Rapporteur :* M. A. Caquot.

PRIX HENRI DE PARVILLE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **René Riberolles**, ingénieur des arts et manufactures, pour ses travaux sur les méthodes de tir de défense contre avions. *Rapporteur :* M. H. Beghin.

PRIX PIERSON-PERRIN (14.000fr). — Le prix est décerné à M. **Léopold Escande**, directeur de l'École normale supérieure d'électrotechnique et d'hydraulique de Toulouse, pour ses travaux sur l'hydraulique. *Rapporteur :* M. H. Villat.

ASTRONOMIE.

Commissaires : MM. A. Cotton, E. Esclangon, Ch. Maurain, L. de Broglie, G. Fayet, L. Picart, J. Chazy, P. Montel, B. Lyot, A. Danjon.

PRIX BENJAMIN VALZ (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Delhaye**, aide-astronome à l'Observatoire de Paris, pour ses travaux de statistique stellaire. *Rapporteur :* M. A. Danjon.

PRIX JULES-CÉSAR JANSSEN (Médaille). — La médaille est décernée à M. **Daniel Chalonge**, astronome titulaire à l'Observatoire de Paris, pour ses travaux de spectrophotométrie stellaire. *Rapporteur :* M. B. Lyot.

FONDATION FRÉDÉRIC FORTHUNY (3.800fr). — Un prix est décerné à M. **Pierre Bernard**, chargé de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux sur la microsismique et ses relations avec l'activité solaire. *Rapporteur :* M. CH. MAURAIN.

GÉOGRAPHIE.

Commissaires : MM. Ch. Maurain, J. Tilho, L. de Broglie, G. Durand-Viel, Ch. Pérez, A. Chevalier, É.-G. Barrillon, E. de Martonne, R. Courrier, D. Cot, G. Poivilliers.

PRIX GAY (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Raymond Schnell**, assistant à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux de géographie botanique en Afrique occidentale. *Rapporteur :* M. A. CHEVALIER.

FONDATION TCHIHATCHEF (5.000fr). — Un prix est décerné à M. **Pierre Gourou**, professeur au Collège de France, pour ses travaux sur les régions tropicales, en particulier l'Indochine. *Rapporteur :* M. E. DE MARTONNE.

PRIX BINOUX (8.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Despois**, professeur à l'Université d'Alger, pour ses travaux de géographie en Afrique du Nord. *Rapporteur :* M. E. DE MARTONNE.

NAVIGATION.

Commissaires : MM. É. Borel, M. de Broglie, J. Drach, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel, É.-G. Barrillon, J. Pérès, E. de Martonne, E. Vessiot, H. Beghin, D. Cot, G. Poivilliers.

PRIX PLUMEY (20.000fr). — Le prix est décerné à M. **Philippe Gourbillon**, ingénieur en chef du Génie maritime, pour ses travaux sur les briquetages de chaudières, sur la pulvérisation mécanique, ses réfrigérants d'huile, la mise en parallèles des essais à la mer et des essais sur modèles autopropulsés. *Rapporteur :* M. É.-G. BARRILLON.

PHYSIQUE.

Commissaires : MM. A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Maurain, A. de Gramont, L. de Broglie, Ch. Mauguin, C. Gutton, F. Joliot, J. Becquerel, J. Cabannes, G. Ribaud, L. Leprince-Ringuet.

PRIX GASTON PLANTÉ (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Noël Felici**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Grenoble, pour ses travaux sur les machines électrostatiques. *Rapporteur :* M. G. RIBAUD.

PRIX FRANÇOIS HÉBERT (3.200fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Hugon**, ingénieur de l'École supérieure d'électricité, pour ses travaux de radiotélégraphie. *Rapporteur :* M. C. GUTTON.

PRIX HENRI DE PARVILLE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Robert Lennuier**, assistant à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur la résonance optique. *Rapporteur :* M. J. CABANNES.

PRIX HUGHES (5.000fr). — Le prix est décerné à M. **Émile Thellier**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur le magnétisme des terres cuites et des roches. *Rapporteur :* M. CH. MAURAIN.

FONDATION CLÉMENT FÉLIX (3.000fr). — Un prix est décerné à M. **André Blanc-Lapierre**, professeur à la Faculté des sciences d'Alger, pour ses recherches sur les amplificateurs. *Rapporteur :* M. G. RIBAUD.

FONDATION FERNAND HOLWECK (56.000fr). — Un prix est décerné à M. **Salomon Rosenblum**, directeur du Laboratoire du grand aimant permanent de Bellevue, pour l'ensemble de ses travaux sur les radiations α. *Rapporteur :* M. A. COTTON.

CHIMIE.

Commissaires : M. P. Bertrand, M. Delépine, R. Fosse, M. Javillier, P. Lebeau, J. Duclaux, P. Jolibois, R. Courrier, P. Pascal, Ch. Dufraisse.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Marc Istin**, pharmacien-chimiste en chef de la marine du Cadre de réserve, pour son ouvrage intitulé : *L'air confiné*. *Rapporteur :* M. M. Javillier.

PRIX JECKER (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Georges Champetier**, directeur des études à l'École de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris, pour l'ensemble de ses travaux sur les macromolécules. *Rapporteur :* M. G. Bertrand.

FONDATION CAHOURS (3.600fr). — Les arrérages de la fondation sont attribués à Mlle **Françoise Mahn**, attachée de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux sur la chimie des terres rares. *Rapporteur :* M. P. Lebeau.

PRIX PAUL MARGUERITE DE LA CHARLONIE. — Trois prix de 10.000fr sont décernés :

— à MM. **Alain Horeau**, sous-directeur du laboratoire de morphologie expérimentale et endocrinologie du Collège de France, et **Jean Jacques**, chargé de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour leurs travaux de chimie organique et plus particulièrement pour leurs synthèses de substances œstrogènes ;

— à M. **Pierre Chabrier de La Saulnière**, chargé de recherches au Centre national de la recherche scientifique, inspecteur des Etablissements classés de la Seine, pour l'ensemble de ses travaux de chimie organique ;

— à M. **Fernand Gallais**, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, pour l'ensemble de ses travaux de chimie minérale.

Rapporteur : M. M. Delépine.

FONDATION CHARLES-ADAM GIRARD (3.000fr). — Un prix est décerné à Mlle **Marie-Louise Delwaulle**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Lille, pour ses travaux de chimie appuyés sur l'emploi des spectres Raman. *Rapporteur :* M. M. Delépine.

FONDATION JEAN-BAPTISTE DUMAS (3.500fr). — Un prix est décerné à M. **Victor Plouvier**, chargé de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux de chimie végétale. *Rapporteur :* M. G. Bertrand.

MÉDAILLES.

Commissaires : MM. Ch. Jacob, H. Villat, L. de Broglie, R. Courrier.

MÉDAILLE BERTHELOT. — La médaille est décernée :

— à M. **Marc Istin**, lauréat du prix Montyon des arts insalubres ;

— à M. **Georges Champetier**, lauréat du prix Jecker ;

— à MM. **Alain Horeau**, **Jean Jacques**, **Pierre Chabrier de La Saulnière**, **Fernand Gallais**, lauréats du prix Paul Marguerite de La Charlonie.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

Commissaires : MM. A. Cotton, M. Caullery, Ch. Jacob, Ch. Pérez, Ch. Mauguin, F. Grandjean, E. de Margerie, R. Courrier, A. Michel-Lévy, P. Fallot.

PRIX DELESSE (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Reynold Barbier**, chef de travaux à la Faculté des sciences de Grenoble, pour son travail sur la partie occidentale du Briançonnais en Savoie. *Rapporteur :* M. Ch. Jacob.

FONDATION EDMOND HÉBERT (5.000fr). — Un prix est décerné à Mlle **Anne Faure-Muret**, assistante au Collège de France, pour ses études dans le Massif de l'Argentera (Alpes-Maritimes). *Rapporteur :* M. P. Fallot.

PRIX VICTOR RAULIN (3.600fr). — Le prix est décerné à M. **Bernard Gèze**, assistant au Collège de France, pour sa carte géologique de la Montagne noire et des régions voisines. *Rapporteur :* M. P. Fallot.

PRIX ANDRÉ-C. BONNET (4.000fr). — Le prix est décerné au R. P. **Pierre de Saint-Seine**, attaché de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux sur la faune du jurassique supérieur de Cerin (Ain). *Rapporteur :* M. Ch. Jacob.

PRIX CARRIÈRE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Rose**, chef de travaux à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux de radiocristallographie. *Rapporteur :* M. Ch. Jacob.

PHYSIQUE DU GLOBE.

Commissaires : MM. E. Esclangon, Ch. Maurain, L. de Broglie, J. Chazy, E. de Margerie, B. Lyot, F. Joliot, R. Courrier, J. Cabannes.

PRIX LÉON GRELAUD (10.000fr). — Le prix est décerné au R. P. **Maurice Burgaud**, directeur du Service de l'heure à l'Observatoire de Zi-Ka-Wei, pour ses travaux sur les régions élevées de l'atmosphère. *Rapporteur :* M. Ch. Maurain.

BOTANIQUE.

Commissaires : MM. G. Bertrand, L. Blaringhem, Ch. Pérez, A. Chevalier, E. de Martonne, R. Souèges, R. Courrier, J. Magrou, R. Heim, R. Combes.

PRIX MONTAGNE (5.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Feldmann**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux sur le cycle évolutif des algues marines. *Rapporteur :* M. R. Heim.

PRIX DE LA FONS MÉLICOCQ (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Georges Depape**, professeur à la Faculté libre des sciences de Lille, pour ses travaux de paléontologie générale et plus spécialement sur les végétaux fossiles des terrains houillers du Nord de la France. *Rapporteur :* M. R. Heim.

PRIX JEAN RUFZ DE LAVISON (3.200fr). — Le prix est décerné à M. **Roger Ulrich**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Caen, pour l'ensemble de ses travaux de physiologie végétale et de biologie appliquée. *Rapporteur :* M. R. Combes.

PRIX CARRIÈRE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jacques Leandri**, sous-directeur de laboratoire au Muséum national d'histoire naturelle, pour l'ensemble de son œuvre sur la Flore de Madagascar. *Rapporteur :* M. A. Chevalier.

ÉCONOMIE RURALE.

Commissaires : MM. E. Leclainche, G. Bertrand, L. Blaringhem, L. Lapicque, R. Fosse, É. Schribaux, M. Javillier, A. Chevalier, R. Courrier, A. Demolon.

PRIX NICOLAS ZVORIKINE (4.000fr). — Le prix est décerné à MM. **Pierre Chouard**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, et **Eugène Laumonnier**, professeur à l'École nationale d'horticulture, pour l'ensemble de leur œuvre de vulgarisation des connaissances agricoles et horticoles. *Rapporteur :* M. M. Javillier.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Cuénot, Ch. Pérez, P. Portier, É. Roubaud, P. Wintrebert, L. Fage, R. Courrier, P.-P. Grassé.

PRIX CUVIER (4.000^{fr}). — Le prix est décerné à Mlle **Odette Tuzet**, professeur à la Faculté des sciences de Montpellier, pour l'ensemble de ses travaux de spermatogenèse. *Rapporteur :* M. L. Fage.

FONDATION SAVIGNY (3.000^{fr}). — Un prix est décerné à M. **Alfred Balachowsky**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Paris, pour ses travaux sur les insectes de l'Afrique du Nord. *Rapporteur :* M. É. Roubaud.

PRIX POUCHARD (6.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Roger Cambar**, chef de travaux à la Faculté des sciences de Bordeaux, pour sa thèse sur les facteurs de la morphogenèse du mésonéphros chez les Amphibiens. *Rapporteur :* M. M. Caullery.

ANTHROPOLOGIE.

Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Blaringhem, L. Lapicque, Ch. Pérez, A. Chevalier, L. Fage, R. Courrier.

PRIX ANDRÉ-C. BONNET (4.000^{fr}). — Le prix est décerné à Mlle **Germaine Henri-Martin**, attachée de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses fouilles de Fontéchevade. *Rapporteur :* M. M. Caullery.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

Commissaires : MM. E. Leclainche, H. Vincent, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, E. Sergent, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, Ch. Laubry, H. Hartmann, R. Leriche.

PRIX MONTYON. — Trois prix de 6.000^{fr} sont décernés :

— à M. **Michel Albeaux-Fernet**, médecin des hôpitaux, pour son ouvrage intitulé : *Les hormones en thérapeutique. Rapporteur :* M. L. Binet ;

— à M. **Alfred Fleisch**, directeur de l'Institut de physiologie de l'Université de Lausanne, pour son ouvrage intitulé : *Ernährungsprobleme in Mangelzeiten. Rapporteur :* M. L. Binet ;

— à M. **Maurice Marchal**, chef de laboratoire à la Faculté de médecine de Paris, pour ses travaux sur la radiologie médicale. *Rapporteur :* M. Ch. Laubry.

PRIX BARBIER (5.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Raymond Michel**, assistant au Collège de France, pour sa contribution à la biochimie des iodoprotéines. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

PRIX BRÉANT. — Un prix de 20.000^{fr} est décerné à M. **Constantin Levaditi**, directeur scientifique de l'Institut Alfred-Fournier, pour ses travaux sur les maladies infectieuses et leur traitement par les antibiotiques. *Rapporteur :* M. G. Ramon.

PRIX BELLION (4.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Robert Grandpierre**, professeur à la Faculté de médecine de Nancy, pour l'ensemble de ses travaux sur la médecine aéronautique. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX DU BARON LARREY (4.000^{fr}). — Le prix est décerné à MM. **François Blanc**, professeur agrégé du service de santé colonial, et **Fred Siguier**, médecin des hôpitaux de Paris, pour leur *Guide clinique et thérapeutique à l'usage des médecins des troupes coloniales d'Extrême-Orient. Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX ARGUT (3.000fr). — Le prix est décerné à M. **Nicolas Louros**, professeur à la Faculté de médecine d'Athènes, pour ses travaux d'obstétrique. *Rapporteur :* M. R. Leriche.

PRIX JEAN DAGNAN-BOUVERET. — Deux prix de 5.000fr sont décernés :

— à M. **Paul Boquet**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Paris, pour son ouvrage sur *Les venins de serpents et antivenins*. *Rapporteur :* M. G. Ramon ;

— à M. **André Delmas**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, pour ses travaux sur l'anatomie du système nerveux. *Rapporteur :* M. L. Binet.

CANCER ET TUBERCULOSE.

Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, E. Sergent, J. Jolly, L. Binet, R. Courrier, Ch. Laubry.

PRIX BARIOT-FAYNOT (8.000fr). — Le prix est décerné à M. **François Baclesse**, chef de service à la Fondation Curie de l'Institut du radium, pour son ouvrage intitulé : *Le diagnostic radiologique des tumeurs malignes du pharynx et du larynx*. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

FONDATION ROY-VAUCOULOUX (40.000fr). — Un prix est décerné à M. **Édouard Rist**, médecin de l'hôpital Laënnec, pour l'ensemble de ses travaux sur la tuberculose. *Rapporteur :* M. G. Ramon.

PRIX LOUISE DARRACQ. — Un prix de 6.000fr est décerné à M. **Guy Camus**, assistant à la Faculté des sciences de Paris, pour ses recherches sur les greffes de Crown-Gall sur le tissu normal. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

PRIX EUGÈNE ET AMÉLIE DUPUIS (7.000fr). — Le prix est décerné à M. **Antoine Jullien**, professeur à la Faculté des sciences de Besançon, pour ses travaux sur les inflammations, tumeurs, cancers chez les animaux invertébrés et plus particulièrement chez les mollusques céphalopodes. *Rapporteur :* M. L. Binet.

FONDATION HENRIETTE RÉGNIER (4.000fr). — Un prix est décerné à M. **Marcel Mistal**, médecin spécialiste des affections pulmonaires à Genève, pour ses travaux sur la tuberculose. *Rapporteur :* M. R. Leriche.

PHYSIOLOGIE.

Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, J. Jolly, L. Binet, R. Courrier.

PRIX MONTYON (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Malméjac**, professeur à la Faculté de médecine d'Alger, pour ses travaux sur la médecine et la physiologie de l'aviateur. *Rapporteur :* M. L. Lapicque.

PRIX FANNY EMDEN (5.600fr). — Le prix est décerné à Mlle **Véra Kovarsky**, chef de laboratoire de phoniatrie à l'Université de Montpellier, pour ses recherches cliniques sur les relations du bégaiement et de la gaucherie contrariée. *Rapporteur :* M. L. Lapicque.

STATISTIQUE.

Commissaires : MM. É. Borel, L. Blaringhem, J. Drach, Ch. Maurain, E. Cartan, L. de Broglie, J. Chazy, P. Montel, R. Courrier.

PRIX MONTYON (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Joseph Sanson**, inspecteur général de la météorologie, pour ses travaux de statistique météorologique. *Rapporteur :* M. Ch. Maurain.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

Commissaires : MM. É. Borel, M. Caullery, M. Delépine, H. Villat, L. de Broglie, Ch. Pérez, J. Chazy, P. Montel, R. Courrier.

PRIX BINOUX (8.000fr). — Le prix est décerné à M. **James Montrose Duncan Olmsted**, professeur à l'Université de Californie, pour ses trois volumes intitulés : *Charles-Édouard Brown-Séquard, Claude Bernard physiologist, François Magendie. Rapporteur :* M. M. Caullery.

OUVRAGES DE SCIENCES.

Commissaires : MM. Ch. Jacob, G. Julia, L. de Broglie, R. Courrier; É. Borel, H. Vincent, M. de Broglie.

PRIX HENRI DE PARVILLE (6.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jacques Rousseau**, directeur du jardin botanique de Montréal, pour son ouvrage intitulé : *L'hérédité et l'homme. Rapporteur :* M. G. Julia.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT : (**Grand prix des sciences physiques**) (15.000fr). — Commissaires : MM. M. Caullery, L. Blaringhem, R. Fosse, Ch. Pérez, A. Chevalier, J. Jolly, L. Binet, R. Courrier.

Le prix est décerné à M. **Étienne Wolff**, professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour l'ensemble de ses travaux d'embryologie expérimentale. *Rapporteur :* M. J. Jolly.

PRIX BORDIN (8.000fr). — Commissaires : MM. É. Borel, A. Cotton, Ch. Maurain, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel.

Le prix est décerné à M. **Charles Ehresmann**, professeur à l'Université de Strasbourg, pour ses travaux de topologie. *Rapporteur :* M. G. Julia.

PRIX LALLEMAND (5.000fr). — Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, L. Binet, R. Courrier, R. Leriche.

Le prix est décerné à M. **Georges Morin**, professeur à la Faculté de médecine de Marseille, pour son ouvrage sur la physiologie du système nerveux. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

PRIX PETIT D'ORMOY (**Sciences mathématiques**) (50.000fr). — Commissaires : MM. É. Borel, J. Drach, E. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel, J. Pérès.

Le prix est décerné à M. **Jean Leray**, correspondant de l'Académie des sciences, pour l'ensemble de ses travaux de topologie et de mécanique des fluides. *Rapporteur :* M. P. Montel.

PRIX JEAN-JACQUES BERGER (9.000fr). — Commissaires : MM. H. Vincent, G. Bertrand, M. Caullery, Ch. Maurain, L. de Broglie, A. Caquot, Ch. Pérez, P. Montel, R. Courrier.

Le prix est décerné à M. **André Granet**, architecte en chef des Bâtiments civils, pour le développement imprimé par lui à la technique de l'éclairage de la Ville de Paris. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

PRIX D'AUMALE. — Commissaires : MM. Ch. Jacob, G. Julia, L. de Broglie, R. Courrier; É. Borel, G. Bertrand.

Un prix de 5.000fr est décerné à la veuve de **Bernard Audebert de La Pinsonie**, née **Solange Barberot**, en mémoire des travaux de son Mari, sur la luminescence et sur les cristaux électro-opaques. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

PRIX SAINTOUR (5.000fr). — Commissaires : MM. É. Borel, A. Cotton, Ch. Maurain, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, P. Montel, E.-G. Barrillon.

Le prix est décerné à M. **Sauveur Carrus**, professeur honoraire à la Faculté des sciences d'Alger, pour l'ensemble de ses travaux mathématiques. *Rapporteur :* M. P. Montel.

PRIX JULES MAHYER (3.600fr). — Commissaires : MM. É. Borel, Ch. Maurain, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, E.-G. Barrillon.

Le prix est décerné à M. **Olivier Costa de Beauregard**, chargé de recherches du Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux sur la relativité et la mécanique relativiste. *Rapporteur :* M. L. DE BROGLIE.

PRIX LONCHAMPT (6.500fr). — Commissaires : MM. E. Leclainche, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, M. Javillier, A. Chevalier, L. Binet, R. Courrier.

Le prix est décerné à M. **Louis de Saint Rat**, chef de travaux à la Faculté des sciences de Paris, pour son travail sur la présence normale du chrome chez les végétaux. *Rapporteur :* M. G. BERTRAND.

PRIX HENRY WILDE (5.600fr). — Commissaires : MM. É. Borel, G. Bertrand, A. Cotton, E. Esclangon, M. Delépine, A. de Gramont, L. de Broglie, R. Courrier, J. Cabannes.

Le prix est décerné à M. **Nicolas Cabrera**, attaché au Bureau international des Poids et Mesures, pour ses travaux de métrologie. *Rapporteur :* M. A. PÉRARD.

PRIX GUSTAVE ROUX (4.000fr). — Mêmes Commissaires que pour le prix d'Aumale.

Le prix est décerné à M. **Pierre Jore d'Arces**, inspecteur-chef du service de l'élevage au Gouvernement général de l'Algérie, pour ses travaux sur l'élevage en Algérie. *Rapporteur :* M. R. COURRIER.

PRIX DU GÉNÉRAL MUTEAU (20.000fr.) — Commissaires : MM. H. Vincent, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, Ch. Jacob, Ch. Pérez, A. Chevalier, R. Courrier.

Le prix est décerné à M. **Félicien Bœuf**, professeur à l'Institut national agronomique, pour ses travaux sur la sélection des blés et l'application de ses travaux en Tunisie et en France. *Rapporteur :* M. A. CHEVALIER.

PRIX ALEXANDRE DARRACQ (100.000fr). — Commissaires : MM. M. Delépine, L. de Broglie, A. Caquot, G. Durand-Viel, R. Esnault-Pelterie, É.-G. Barrillon, J. Pérès, R. Courrier, L. Hackspill.

Le prix est décerné à M. **Henri Muraour**, ingénieur général des poudres, du Cadre de réserve, pour l'ensemble de ses travaux sur les poudres et les explosifs. *Rapporteur :* M. L. HACKSPILL.

PRIX LAURA MOUNIER DE SARIDAKIS (12.000fr). — Commissaires : MM. H. Vincent, G. Bertrand, L. de Broglie, Ch. Pérez, P. Portier, M. Javillier, J. Jolly, L. Binet, R. Courrier.

Le prix est décerné à M. **Edgar Lederer**, maître de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux sur l'étude de la chromatographie et des nombreuses applications qu'il a définies surtout au point de vue biochimique. *Rapporteur :* M. M. JAVILLIER.

PRIX MARIE GUIDO TRIOSSI (60.000fr). — Commissaires : MM. M. Caullery, M. Delépine, Ch. Jacob, A. Chevalier, L. Binet, A. Portevin, R. Souèges, R. Courrier.

Le prix est décerné à feu **André Boivin**, correspondant de l'Académie des sciences, professeur à la Faculté de médecine de Strasbourg, pour ses travaux sur la cytochimie des bactéries. *Rapporteur :* M. L. BINET.

PRIX ERNEST DECHELLE (13.000fr). — Commissaires : MM. L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, É.-G. Barrillon, A. Denjoy, A. Pérard, J. Cabannes.

Le prix est décerné à M. **Pierre Vernotte**, ingénieur en chef de l'aéronautique, pour ses recherches de thermocinétique. *Rapporteur :* M. G. RIBAUD.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE. — Le prix est décerné à M. **Raymond Lévy**, né à Paris (IXe), le 28 juin 1927, sorti premier de l'École polytechnique.

PRIX L.-E. RIVOT. — Le prix est partagé entre les quatre élèves dont les noms suivent, sortis, en 1949, avec le no 1 ou 2 de l'École polytechnique, dans les corps des mines et des ponts et chaussées :

— M. **Raymond Lévy**, entré premier à l'École des mines, reçoit 750fr ;

— M. **André Rebière**, entré second à l'École des mines, reçoit 500fr ;

— M. **Marcel Hirsch**, entré premier à l'École des ponts et chaussées, reçoit 750fr ;

— M. **Henri Cyna**, entré second à l'École des ponts et chaussées, reçoit 500fr.

FONDS GÉNÉRAUX DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION TRÉMONT (3.000fr). — Commissaires : MM. Ch. Jacob, G. Julia, L. de Broglie, R. Courrier; E. Borel, G. Bertrand.

Un prix est décerné à Mlle **Marthe Vesque**, dessinatrice au Muséum national d'histoire naturelle, pour sa contribution à la Flore d'Indochine et de Madagascar. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

FONDATION HIRN (3.600fr). — Mêmes Commissaires que pour la fondation Trémont.

Un prix est décerné à M. **Jean Emon**, ingénieur principal de la météorologie coloniale à Madagascar, pour ses travaux de météorologie, particulièrement sur l'alizé dans le Sud-Ouest de l'Océan indien. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

FONDATION AIMÉ BERTHÉ (5.000fr). — Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, M. Delépine, Ch. Jacob, Ch. Pérez, A. Chevalier, L. Binet, R. Courrier.

Un prix est décerné à Mlle **Aimée Camus**, correspondante du Muséum national d'histoire naturelle, pour ses travaux sur *Les Chênes*. *Rapporteur :* M. L. Blaringhem.

FONDATION CHARLES-LOUIS DE SAULSES DE FREYCINET. — Mêmes Commissaires que pour la fondation Trémont.

Deux prix de 8.000fr sont décernés :

— à M. **Jean Hurault**, ingénieur géographe, pour ses explorations astrogéodésiques des bassins supérieurs de l'Oyapoc et du Maroni, en Guyane;

— à M. **Georges de Masson d'Autume**, ingénieur géographe, pour ses explorations géodésiques de la région Logone-Toubouri-Mayo-Kebi.

Rapporteur : M. G. Julia.

FONDATION HENRI BECQUEREL (6.000fr). — Mêmes Commissaires que pour la fondation Trémont.

Un prix est décerné à M. **Frédéric Morel**, assistant à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur la navigation aérienne et sur le frottement. *Rapporteur :* M. G. Julia.

FONDATION LOUTREUIL. — Conseil : MM. Ch. Jacob, L. de Broglie, R. Courrier, É. Borel, G. Bertrand, M. de Broglie.

Les subventions suivantes sont accordées :

— 30.000fr à M. **Gaston Fayet**, membre de l'Académie des sciences, directeur de l'Observatoire de Nice, au Mont-Gros, pour les travaux d'identification des Astéroïdes poursuivis dans cet observatoire ;

— 15.000fr à M. **Guy Mennessier**, pour des études géologiques des régions montagneuses du Var.

— 25.000fr à M. **Auguste Chagnon**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour l'aider à l'achat d'un réfractomètre d'Abbe.

— 60.000fr à M. **Roger Heim**, membre de l'Académie des sciences, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour la publication du catalogue des collections cryptogamiques de cet établissement.

— 40.000fr à l'**Institut de paléontologie humaine**, pour sa Bibliothèque ;

— 20.000fr à l'**Institut national agronomique**, pour sa Bibliothèque ;

— 10.000fr à la **Société d'encouragement pour l'industrie nationale**, pour sa Bibliothèque.

Rapporteur : M. L. de Broglie.

FONDATION Mme VICTOR NOURY. — Mêmes Commissaires que pour la fondation Trémont. Trois prix de 6.500fr sont décernés :

— à feu **Léon Agostini**, agrégé des sciences physiques, pour ses recherches sur la constitution et la mesure de la turbulence;

— à M. **Gaston Gibault**, aide-physicien à l'Institut de physique du globe, pour l'ensemble de ses travaux sur le magnétisme terrestre et l'électricité ;

— à M. **Raymond Siestrunck**, maître de conférences à l'Université de Poitiers, pour ses recherches sur la mécanique des fluides et spécialement des fluides compressibles.

Rapporteur : M. L. de Broglie.

FONDATION HENRY LE CHATELIER (10.000fr). — Commissaires : MM. L. de Broglie, R. Esnault-Pelterie, A. Portevin, R. Courrier, P. Chevenard, R. Barthélemy, G. Darrieus, H. Parodi.

Un prix est décerné à M. **Pierre Destival**, ingénieur à la Compagnie électro-mécanique, pour ses travaux sur le développement des turbo-machines, spécialement les compresseurs centrifuges et axiaux, la turbine à gaz. *Rapporteur :* M. G. Darrieus.

FONDS DES LABORATOIRES. — Mêmes Commissaires que pour la fondation Trémont.

Une subvention de 40.000fr est attribuée à M. **Alfred Jost**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur l'histogenèse des organes génitaux. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

FONDATIONS SPÉCIALES.

FONDATION GIRBAL-BARAL. — Mêmes Commissaires que pour la fondation Trémont.

Une allocation de 12.000fr est attribuée à M. **Pierre Dejours**, étudiant à la Faculté de médecine de Paris, pour ses travaux de médecine expérimentale. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

LECTURE.

M. Louis de Broglie, Secrétaire perpétuel, lit une Notice sur *La physique contemporaine et l'œuvre de Albert Einstein, Associé étranger de l'Académie des sciences.*

L. B., R. C.

ERRATA.

—

(*Comptes rendus* du 28 novembre 1949.)

Note présentée le même jour, de MM. *Paul Haniset* et *Georges Waegemans*, Solubilisation des sesquioxydes de fer libres du sol :

Page 1168, 2[e] ligne du titre, *au lieu de* Pierre Haniset, *lire* Paul Haniset.

FIN DU TOME DEUX-CENT-VINGT-NEUVIÈME.

PARIS. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS,
55, quai des Grands-Augustins.

133330-49

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Publications périodiques reçues pendant les années 1948 et 1949.

L'Académie des sciences exprime ses remercîments aux Établissements qui lui ont envoyé leurs Publications.

La cote qui suit le titre de chaque périodique est celle de l'*Inventaire des périodiques scientifiques des bibliothèques de Paris* (1); les cotes du supplément I de cet inventaire portent un indice en chiffres, celles du supplément II, un indice en lettres.

Le titre des périodiques nouvellement créés est inscrit en caractères gras.

EUROPE.

France.

Aix-les-Bains. — *Rhumatologie.*

Angers. — Facultés catholiques de l'Ouest : *Bulletin trimestriel.*

— Université catholique de l'Ouest : *Annuaire; Recherches et travaux.*

Arcueil. — **Bulletin technique Japy.**

Besançon. — *Annales françaises de chronométrie,* A 1096^{A}.

Grenoble. — *La Houille blanche,* H 133.

Le Mans. — Société d'agriculture, sciences et arts de la Sarthe : *Bulletin,* B 1735.

Lyon. — *Encyclopédie vétérinaire périodique.*

Marseille. — Corps de santé colonial : *Médecine tropicale.*

— Faculté des sciences : *Annales,* A 310.

— Musée colonial : *Annales,* A 865.

— *Marseille médical,* U 46.

Meudon. — Observatoire de Paris. Section d'astrophysique : *Annales* A 882; *Cartes synoptiques de la chronosphère solaire.*

Moulins. — Société scientifique du Bourbonnais et du Centre de la France : *Revue scientifique,* R 1558.

Mulhouse. — Société industrielle : *Bulletin,* B 1634.

Nancy. — École nationale des eaux et forêts et Station de recherches et expériences forestières : *Annales,* A 854^{1}.

(1) Paris, Masson, 1924-1925; 4 fasc. et 2 suppléments (1929-1939), 23cm.

NOGENT-SUR-MARNE. — Ministère de la France d'Outre-mer. Direction de l'agriculture, de l'élevage et des forêts : *L'agronomie tropicale.*

PARIS. — Académie d'agriculture de France : *Comptes rendus hebdomadaires des séances,* B 1861.

— Académie de médecine : *Bulletin,* B 894.

— Académie de pharmacie : *Annales pharmaceutiques françaises.*

— Académie des sciences : *Annuaire,* I 235; *Comptes rendus hebdomadaires des séances,* C 758; *Mémoires,* H 69; *Notices et discours.*

— Académie des sciences coloniales : *Comptes rendus mensuels des séances.*

— Académie internationale d'histoire des sciences : *Collection de travaux.*

— Association amicale des anciens élèves de l'Institut national agronomique : *Cahiers des Ingénieurs agronomes.*

— Bureau des Longitudes : *Annuaire,* A 1370; *Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs,* C 921; *Éphémérides nautiques ou extraits de la Connaissance des temps,* C 921.

— Bureau d'études géologiques et minières coloniales : *La chronique des mines coloniales,* C 378^A.

— Centre de recherches et d'études océanographiques : *Rapport d'activité.*

— Centre international de synthèse : **Revue d'histoire des sciences et de leurs applications.**

— Centre national de la Recherche scientifique. Centre de documentation : *Bulletin analytique.*

— Centre polonais de recherche scientifique de Paris : *Bulletin.*

— Collège de France : *Annuaire,* A 1499.

— Comité électrotechnique français et Union technique des syndicats de l'Electricité : *Revue générale de l'Électricité,* L 183.

— Comité national de l'organisation française : *Revue mensuelle,* B 1982^A.

— École Normale supérieure : *Annales,* A 1120.

— Fédération nationale de la Presse française : *La Presse française.*

— Institut d'astrophysique : *Contributions.*

— Institut de recherches du coton et des textiles exotiques : *Coton et fibres tropicales.*

— Institut des actuaires français : *Bulletin trimestriel,* B 1014.

— Institut des recherches sur le caoutchouc en Indochine : *Cahiers I. R. C. I.*

— Institut géographique national : *Publications techniques; Rapport sur l'activité.*

— Institut Henri Poincaré : *Annales,* A 870^A.

— Institut national de la Recherche agronomique : Stations et laboratoires de recherches : *Annales agronomiques,* A 809; *Annales des épiphyties,* A 1090.

— Institut national de la statistique et des études économiques : *Bulletin hebdomadaire de statistique.*

— Institut national de sécurité : **Travail et sécurité.**

— Institut océanographique : *Annales,* A 873.

— Institut Pasteur : *Annales,* A 874.

— International Council of scientific Unions : *Monthly Bulletin of information.*

— Ligue française contre le cancer : *La lutte contre le cancer,* L 185.

— Ministère de la France d'outre-mer. Direction de l'agriculture, de l'élevage et des forêts : Voir NOGENT-SUR-MARNE.

— Ministère des Finances. Bureau de statistique et d'études financières : *L'Actualité économique et financière à l'étranger.*

— Observatoire de Paris : *Bulletin astronomique,* B 854.

— Office national d'études et de recherches aéronautiques : Div; *Publications; Rapport technique;* **La Recherche aéronautique.**
— Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture : *Le Courrier.*
— Presses universitaires de France : *Bulletin trimestriel*; *Moisson de l'esprit.*
— Secrétariat d'État à la Marine : *Annuaire de la Marine,* A 1355.
— Service de santé de l'air : *La médecine aéronautique.*
— Société astronomique de France : *L'Astronomie,* A 2471 ; *Circulaire.*
— Société chimique de France : *Bulletin,* S 413.
— Société de biologie : *Comptes rendus des séances,* C 675.
— Société de chimie industrielle : *Chimie et Industrie,* C 342.
— Société de chimie physique : *Journal de chimie physique et de physico-chimie biologique,* J 368.
— Société de géographie : *Annales de géographie,* A 837.
— Société d'encouragement pour l'industrie nationale : *Conférences* [*Publications*].
— Société de pathologie exotique et de ses filiales : *Bulletin,* B 1488.
— Société des anciens élèves des écoles nationales d'arts et métiers : *Ingénieurs arts et métiers,* A 1400 et B 2506.
— Société des ingénieurs civils de France : *Bulletin,* B 1537; *Mémoires,* M 583.
— Société française de constructions Babcock et Wilcox : *Bulletin technique.*
— Société française de microscopie théorique et appliquée : **Microscopie.**
— Société française de minéralogie : *Bulletin,* B 1685.
— Société française de photographie et de cinématographie : *Chronique mensuelle; Photographie et cinématographie* (*Bullètin*), B 1608.
— Société française d'équipement rural : **Terre vivante.**
— Société française des électriciens : *Annuaire,* A 1412 ; *Bulletin,* B 1644.
— Société géologique de France : *Bibliographie des sciences géologiques,* B 245[1]; *Bulletin,* B 1619 ; *Compte rendu sommaire des séances,* C 767 ; *Liste des membres; Mémoires,* M 535.
— Société mathématique de France : *Bulletin,* B 1658.
— Société philomatique : Voir *Revue générale des sciences pures et appliquées.*
— Unesco : *Voir* Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture.
— Union internationale d'histoire des sciences : *Archives internationales d'histoire des sciences.*
— Union nationale des Caisses d'allocations familiales : *Informations sociales.*
— Union technique des syndicats de l'Électricité : *Voir* Comité électrotechnique français et Union technique des syndicats de l'Électricité.
— *Activité* (*L'*) *scientifique et médicale,* A 162[A].
— *Annales de chimie,* A 832.
— *Annales de géophysique.*
— *Annales de physique,* A 832.
— *Annales des ponts et chaussées,* A 1473.
— *Anthropologie* (*L'*), M 129.
— *Bibliographie des sciences et de l'industrie,* B 245.
— *Bulletin des sciences mathématiques,* B 1843.
— *Écho* (*L'*) *de la Presse et de la Publicité.*
— *Forces aériennes françaises.*
— *France* (*La*) *industrielle.*
— *Intermédiaire des recherches mathématiques.*

— *Mémorial de l'artillerie française*, M 677 *bis*.
— *Nature (La)*, N 52.
— **Orientation (L') médicale.**
— *Presse française (La)*.
— *Productions françaises*.
— *Progrès médical (Le)*, P 684.
— *Revue de médecine navale*.
— *Revue générale des sciences pures et appliquées et Bulletin de la Société philomatique*, R 1362.
— *Technique (La) moderne*, T 50.

RENNES. — École nationale d'agriculture : *Annales*, A 854.

SAINT-ÉTIENNE. — Société de l'industrie minérale : *Revue de l'industrie minérale*, R 1123.

STRASBOURG. — Union géodésique et géophysique internationale. Association de séismologie : *Comptes rendus*, C 653; *Comptes rendus des séances de la Conférence*.
— Université. Faculté des sciences : *Annales de l'Institut de physique du globe*.
— Id. Service de la carte géologique d'Alsace et de Lorraine : **Livrets**; *Mémoires*, A 63.

TOULOUSE. — Observatoire astronomique et météorologique : *Annales*, A 891.
— **Anales del Hospital Varsovia.**

Allemagne.

BADEN-BADEN. — **Das Buch.**

BAD KISSINGEN. — Deutscher Wetterdienst in der U. S. Zone. Zentralamt : *Die grosswetterlagen mitteleuropas; Witterungsbericht*.

BAMBERG. — Institut für Erdmessung : *Veröffentlichungen*.

BERLIN. — Deutsche Akademie der Wissenschaften. Forschungs-Institüts für Mathematik : **Mathematische Nachrichten.**
— Id. Math.-natürwissenschaftliche Klasse : *Abhandlungen*, M 944; *Sitzungsberichte*, B 192.
— *Chemisches Zentralblatt*, P 178.
— *Zentralblatt für Mathematik*, C 167[A].

BONN. — Natürhistorische Vereins der Rheinlände u. Westfalens : *Decheniana*, V 89.

GÖTTINGEN. — Akademie der Wissenschaften : *Göttingische gelehrte Anzeiger*, G 377; *Jahrbuch*.
— Id. Math.-physikalische Klasse : *Abhandlungen*, C 569; *Nachrichten*, N 5.

HALLE A/SAALE. — Kaiserlisch Leopoldinisch-Carolinisch deutsche Akademie der Natürforscher : *Nova Acta Leopoldina*, M 945.

HEIDELBERG. — Badische Landessternwarte : *Veröffentlichungen*, V 107.

LEIPZIG. — Sachsische Akademie der Wissenschaften. Math.-natürwissenschaftliche Klasse : *Abhandlungen*, A 44; *Berichte über die Abhandlungen*, B 185.

MÜNCHEN. — Bayerische Akademie der Wissenschaften. Math.-natürwissenschaftliche Klasse : *Sitzungsberichte*, J 122.

POTSDAM. — Geophysikalisches Institüt : *Abhandlungen*.

SEELBACH BEI LAHR (Baden). — *Wetter und Klima*.

Autriche.

WIEN. — Österreiche Akademie der Wissenschaften : *Almanach*, A 427 ; *Anzeiger*, A 1930 ; *Beilag zum Anzeiger; Denkschriften*, D 38.
— Id. Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse : *Sitzungsberichte*, S 358.
— Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik : *Beobachtung*, B 92.

Belgique.

ANVERS. — *De Elektrieker.*

BRUXELLES. — Académie royale de médecine de Belgique : *Bulletin*, B 899.
— Institut des Parcs Nationaux du Congo belge : *Exploration du parc national Albert, de la Kagera.*
— Institut international des sciences théoriques : **Archives.**
— Institut royal des sciences naturelles de Belgique : *Bulletin*, B 2016 ; *Mémoires*, M 576.
— Ministère de l'agriculture : *Bulletin du Jardin botanique de l'État*, B 1995.
— Société belge de géologie : *Bulletin*, B 1178.
— Société mathématique de Belgique : *Bulletin.*
— Société royale zoologique : *Annales*, A 988.
— Union radioscientifique internationale : *Recueil des travaux de l'Assemblée générale.*

GAND. — *Archives internationales de pharmacodynamie et de thérapie*, A 2139.

LIÉGE. — Association des ingénieurs électriciens sortis de l'Institut électrotechnique Montefiore : *Bulletin scientifique*, B 936.
— Société géologique de Belgique : *Bulletin; Mémoires*, M 534.
— Société royale des sciences : *Bulletin*, B 1738^{A} ; *Mémoires*, M 557.
— Université. Institut de botanique : *Archives*, A 2116.

LOUVAIN. — Société scientifique de Bruxelles : *Annales*, A 1101 ; *Revue des questions scientifiques*, R 1252.

UCCLE. — Observatoire royal de Belgique : *Annales*, A 884 ; *Annuaire*, A 1315 ; *Bulletin astronomique*, B 852^{A} ; *Communications.*

Bulgarie.

SOFIA. — Académie bulgare des sciences : *Comptes rendus* (*sciences mathématiques et naturelles*).
— Bibliothèque nationale : *Bulletin bibliographique.*
— Institut bulgare de bibliographie : *Bibliographie bulgare.*

Danemark.

KOBENHAVN (COPENHAGUE). — Geodaetisk Institut : *Bulletin of the seismological station*, S 2403^{1B} ; *Meddelelse*, G 219^{B} ; *Skrifter* (*Mémoires*).
— Danske météorologiske Institut : *Publikationer* (*Communications magnétiques*), P 882^{1}.
— Kgl. Danske Videnskabernes-Selskabs (Académie royale des sciences et des lettres) : *Biologiske Skrifter*, S 372 ; *Biologiske Meddelelser*, K 58^{1} ; *Matematisk-fysiske Meddelelser*, K 59 ; *Oversigt* (*Bulletin*), O 279.

Espagne.

BARCELONE. — Institut d'estudis catalans : *Cartell de premis.*
— Real Academia de ciencias y artes : *Catalogo general de Publicaciones; Memorias,* M 693; *Nomina del personal academico.*
— Sociedad astronomica de Espana y America : Voir MADRID. — Union nacional de astronomia.

MADRID. — Consejo superior de investigaciones cientificas : *Catalogo.*
— Instituto Cajal : *Trabajos,* R 929.
— Institutos nacionales de fisica y quimica y la Real Sociedad española de fisica y quimica : *Anales de fisica y quimica,* A 689.
— Observatorio astronomico : *Anuario,* A 1908; *Boletin astronomico.*
— Real academia de ciencias exactas, fisicas y naturales : *Revista,* R 755.
— Real sociedad española de fisica y quimica : *Anales.*
— Real sociedad española de historia natural : *Boletin,* A 691.
— Union nacional de astronomia y ciencias afines y Sociedad astronomica de Espana y America : *Urania.*

SAN FERNANDO (CADIZ). — Instituto y observatorio de Marina : *Almanaque nautico,* A 555.

ZARAGOZA. — Academia de ciencias exactas, fisico-quimicas y naturales : *Memorias; Revista.*
— Université : *Universidad, Revista de cultura y vida universitaria,* U 104^{A}.

Finlande.

HELSINGFORS. — Geophysical Society of Finland : **Geophysica.**
— Havsforskinstitutets (Merentutkimuslaitoksen) : *Skrift* (*Julkaisu*), M 735^{1}.
— Societas scientiarum fennica (Finska Vetenskaps Societeten) : *Acta,* A 139; *Årsbok* S 395^{1}; *Bidrag till Kännedom af Finlands natur och Folk,* B 318; *Commentationes biologicae,* C 572 *bis; Commentationes physico-mathematicae,* C 573 *bis.*
— Id. Wasserbiologische Laboratorium : *Finnländische hydrographisch-biologische Untersüchungen,* F 61.
— Suomalainen Tiedeakatemia (Academia Scientiarum fennica) : *Annales* (*Toimituksia*) S 750; *F. F. Communications.*
— Suomen geologinen Tutkimuslaitos : *Bulletin de la Commission géologique de Finlande,* B 1093 *bis; The general geological map of Finland.*
— University. Institute of meteorology : *Mitteilungen,* M 1053^{B}; *Papers.*

Grande-Bretagne.

BIRMINGHAM. — Natural history and philosophical Society : *Annual Report,* B 363 *bis*; *List of members; Proceedings,* P 525.

BRISTOL. — University. Agricultural and Horticultural Research Station : *The annual Report.*

CAMBRIDGE. — Philosophical Society : *Biological Review,* P 536^{1}; *Proceedings,* P 536.
— International Council of scientific Unions : *Monthly bulletin of information; Report of the executive Committee.*
— International Union of crystallography : *Acta crystallographica.*
— Observatories Syndicate : *Annual Report,* C 48.

— Observatory : *Contributions.*
— Solar physics Observatory : *Annals,* A 1207.
EDINBURGH. — Geological Society. *Transactions,* T 306.
— Royal College of physicians : *Annual Report by the Curator of the Laboratory,* R 419.
— Royal physical Society : *Proceedings,* P 601.
— Royal Society : *Proceedings.* P 602 ; *Transactions,* T 402 ; *Year Book.*
GLASCOW. — Royal philosophical Society : *Proceedings,* P 589.
GREENWICH. — Royal Observatory : *Report of the Astronomer Royal to the Board of visitors,* R 429.
HARPENDEN. — Rothamsted experimental Station : *Report for the years,* B 507[1A]. *Rothamsted Memoirs on agricultural science,* R 1713 *bis.*
— Id. Lawes agricultural Trust : *Report.*
KESTON. — *Sugar industry abstract.*
LONDON. — British aluminium Company : *Light metals Bulletin; Light metals Research; Light metals Review.*
— British coal utilisation research association : *Monthly Bulletin; Quarterly gazette.*
— British Council : *Bulletin médical britannique (édition française).*
— British interplanetary Society : *Annual Report and List of members; Journal.*
— Chemical Society : *Journal,* M 601.
— Colonial Office. Discovery Committee : *Discovery Reports,* D 222[A].
— Geological Society : *Quarterly Journal,* Q 11.
— Institution of mechanical Engineers : *Applied mechanics; Journal,* J 818[4] ; *Proceedings,* P 560.
— Id. Automobile division : Proceedings.
— Id. Industrial administration and engineering production : *Proceedings.*
— Id. International combustion engine group : *Proceedings.*
— International Council of scientific Unions : *Monthly Bulletin of information.*
— Linnean Society : *Journal (Botany, Zoology),* J 838 ; *Proceedings,* P 565.
— Meteorological Office : *Annual Report of the Director,* M 779[E] ; *Geophysical Memoirs,* M 783 ; *Meteorological Observations,* M 773 ; *Monthly Weather Report,* M 781 ; *Notes on the meteorological observations,* N 248[A] ; *Professional Notes,* M 784 ; *Weekly Weather Report,* M 781.
— Royal astronomical Society : *Monthly Notices,* M 1256 ; *Occasional Notes.*
— Royal geographical Society : *Geographical Journal,* G 231.
— Royal Institution of Great Britain : *Proceedings,* N 258 ; *Records,* R 196[1].
— Royal Society : *Notes and Records; Obituary Notices of Fellows,* O 0[1] ; *Philosophical Transactions,* P 225 ; *Proceedings,* A 72 ; *Year Book,* Y 20.
— Royal Society of Medicine : *Proceedings,* P 603.
— Science Museum Library : *Monthly list of accessions to the Library,* S 207 *bis*[A].
— Stationary Office : *The nautical Almanac and astronomical Ephemeris,* N 73.
— *Electrical Review,* T 76.
— *Endeavour.*
— *Nature,* N 51.
MANCHESTER. — Literary and philosophical Society : *Mémoirs and Proceedings,* M 627.
OXFORD. — *Oxford economic papers.*
RAINHAM. — Murex review.
SOUTHPORT. — Auxiliary Observatory : *Annual Report and results of meteorological observations,* B 671.

Grèce.

ATHÈNES. — Union géodésique et géophysique internationale. Association de volcanologie : *Commission géodésique et géophysique de l'État hellénique*

THESSALONIKI. — University : [*Publications*].

Hongrie.

BUDAPEST. — Magyar Tudomanyos akademia; *Almanach*, M 78; *Mathematischer und naturwissenschaftlicher Anzeiger*, M 140.

— **Aluminium.**

SZEGED. — Université : *Acta universitatis szegediensis*, A 125[A].

— Id. Sectio scientiarum mathematicarum : *Acta scientiarum mathematicarum.*

Irlande

DUBLIN. — Royal Dublin Society : *The Economic Proceedings*, E 113; *The Scientific Proceedings*, J 845.

— Royal Irish Academy : *Proceedings*, P 600.

Islande.

REYKIAVIK. — University. Institute of applied sciences. Department of agriculture. **Reports (Flokkur).**

Italie.

ASSO. — *Scientia*, R 1665.

BOLOGNE. — Osservatorio astronomico universitario : *Pubblicazioni*, P 784 *bis*.

CATANIA. — Osservatorio astrofisico : *Annuario*, R 175[1]; *Contributi astrofisici.*

CITTA DEL VATICANO. — Pontificia academia scientiarum : *Acta*, P 354[1A]; *Commentationes*, P 354[1A]; *Relationes de auctis scientiis tempore belli.*

— Specola astronomica Vaticana : *Carta fotografica del cielo; Ricerche Astronomiche.*

FIRENZE. — Biblioteca nazionale : *Bollettino delle pubblicazione italiane*, B 629.

— Istituto geografico militare : *Bollettino geodetico; l'Universo*, U 202.

MILANO. — Istituto lombardo di scienze e lettere : *Rendiconti*, R 175.

— R. Politecnico. Istituto di geodesia, topografia e fotogrammetria : *Pubblicazioni.*

— Societa Edison. Guinta tecnica di gruppo : *C. B. D. Collana Bollettini di documentazione; Quaderni di studi e notizie.*

— *Bibliografia elettrotechnica straniera.*

NAPOLI. — Societa di scienze, lettere ed arti (Societa Reale) : *Rendiconto dell' accademia delle scienze fisiche e matematiche*, R 332.

— Societa italiana di Biologia sperimentale : *Bollettino*, 618[1].

— Union géodésique et géophysique internationale. Association de Volcanologie : *Bulletin volcanologique*, B 2542[2].

PADOVA. — R. Universita : *Rendiconti del Seminario matematico*, R 329[B].

PISE. — Facolta d'Ingegneria : *Pubblicazioni*, R 177 *bis*[1].

ROMA. — Accademia nazionale dei Lincei : *Memorie*, A 2546; *Rendiconti*, A 2546.

— Association internationale de la presse médicale : *Bulletin bibliographique*.

— Consiglio nazionale delle Ricerche : *La Ricerca scientifica; Ricerca scientifica e ricostruzione*, B 567[A].

— Istituto superiore di Sanita : *Rendiconti*.

— Ministero dell' agricoltura e delle foreste : Direzione generale della produzione agricola : *Annali della sperimentazione agraria*, A 1448[A].

— Reale Accademia d'Italia : *Memorie*, M 708[A].

TORINO. —Accademia delle scienze : *Atti*, A 2547.

TRIESTE. — Istituto geofisico, puis talassografico : *Pubblicazioni*.

VENEZIA. — Istituto veneto di scienze, lettere ed arti : *Atti*, A 2571.

— **Diarii veneziani del secolo decimosesto.**

Luxembourg.

LUXEMBOURG. — Institut grand ducal : Section des sciences naturelles, physiques et mathématiques : *Archives*, S 484.

Monaco.

MONACO. — Institut océanographique : *Bulletin*, B 2015.

Norvège.

BERGEN. — Museum : *Årbok*, B 118 *bis*; *Årsberetning*, B 118 *bis*; *Skrifter* puis *Universitetet Bergen Skrifter*, B 119.

— Norske Institutt for kosmisk fysikk : *Publikasjoner*, P 882[A].

OSLO. — Norske meteorologiske Institutt : *Meteorologische Beobachtungen; Norsk meteorologisk Arbok*, N 214 ; *Norwegian publications from the international polar year*.

— Norske videnskaps-Akademi : *Astrophysica Norvegica*, A 2490[1A]; *Geofysiske Publikasjoner*, G 221 *bis; Scientific results of the norwegian antarctic expeditions*.

— Union géodésique et géophysique internationale. Association de météorologie. Réunion d'Oslo : *Procès-verbaux des séances ; Programme et résumé des Mémoires*.

Pays-Bas.

AMSTERDAM. — Koninklijke Nederlandsche Akademie van Wetenschappen : *Jaarboek; Proceedings; Verhandelingen*, V 25.

— Koninklijke Nederlansche botanische Vereeniging (Société botanique royale néerlandaise) : *Nederlandsch Kruidkundig Archief* (*Verslagen en mededeelingen*), N 92 ; *Recueil des travaux botaniques néerlandais*, N 92.

— Wiskundig Genootschap : *Nieuw archief voor Wiskunde; Wiskundige op gaven met de oplossingen*.

— **Biochimica et biophysica Acta.**

CULENBORG. — Ševčenko scientific Society (Lemberg) : *Mémoirs.* [*Publications*].

DE BILT. — Koninklijk nederlandsch meteorologisch Instituut : *Jaarboek,* M 816; *Mededeelingen en Verhandelingen;* [*Publications*]; *Seismic Records at de Bilt,* S 272.

GELEEN. — Staatsmijnen in Limburg : *Mededeelingen van de geologische Stichting.*

GRONINGEN. — Kapteyn astronomical Laboratory : *Publications.*

HAARLEM. — Société hollandaise des sciences : *Archives néerlandaises de phonétique expérimentales,* A 2184^{A}; *Archives néerlandaises de physiologie de l'homme et des animaux,* A 2185.

— Société néerlandaise de zoologie; *Archives néerlandaises de zoologie,* A 2184^{B}.

— Teyler's godgeleerd Genootschap : *Verhandelingen rakende den natuurlijken en geopenbaar den Godsdienst.*

LEIDEN. — Sterrewacht : *Annales.*

— University. Kamerlingh Onnes Laboratory : *Communications,* C 606.

'S GRAVENHAGE. — *Physica,* P 304^{B}.

Pologne.

CRACOVIE. — Centre polonais de recherches scientifiques de Paris : Voir PARIS.

— Société polonaise de mathématiques : *Annales,* A 997^{1}.

GDANSK (DANTZIG). — École polytechnique. Institut de la mécanique appliquée aux constructions (Zaklad mechaniki bridowli) : **Archives de mécanique appliquée.**

LODZ. — Nencki Institute of experimental Biology : *Acta biologiae experimentalis,* A 113^{E}.

LUBLIN. — Université Marie Curie-Sklodowska : **Annales.**

PULAWY. — Institut national polonais d'économie rurale : *Pamietnik* (*Mémoires*), P 27^{1}.

WARSZAWA. — Institut hydrologique et météorologique (Panstowowy Instytut hydrologiczno meteorologiczny) : *Przeglad Pogody* (*Weather Review*); *Travaux.*

— Service hydrologique et météorologique : *Bulletin,* P 31^{B}.

— Société botanique de Pologne : *Acta Societatis botanicorum poloniae,* A 134^{1}.

— Société des sciences et des lettres : *Annuaire; Archives de biologie,* A 2287^{2}; *Comptes rendus des séances* (*Sprawozdania z posiedzen*), C 671.

— Université. Institut Mianowski d'encouragements aux travaux scientifiques : *La science polonaise, ses besoins, son organisation et ses progrès* (*Nauka polska*), N 71^{1A}.

WROCLAW. — **Colloquium mathematicum.**

Portugal.

COIMBRA. — Observatorio astronomico da Universita : *Efemerides astronomicas,* E 303.

— *Noticias farmacêuticas,* N 259^{A}.

LISBOA. — Faculdade de ciências : *Portugaliae mathematica; Portugaliae physica.*

PORTO. — Faculdade de ciencias : *Anais,* A 655^{1}.

SETUBAL. — *A Previsão do tempo.*

Roumanie.

BUCURESTI (BUCAREST). — Academia Republicii populare romane. Section des sciences géologiques, géographiques et biologiques : *Analele*, A 663; *Buletin stiintific*, B 1147.

— Comisiunii de Standardizare : *Buletinul de Standardizare.*

— Institut de documentation, bibliographie et éditions techniques : **Buletin de documentare tehnica**; **Bulletin d'études et de recherches techniques.**

— Institut national de recherches technologiques de Roumanie; *Buletinul; Documentation bibliographique.*

— Societatea romana de fizica. *Buletinul*, B777^B^.

CLUJ. — Faculté d'agronomie : *Annales.*

— Société des sciences : *Bulletin.*

JASSY. — École polytechnique : *Bulletin.*

— *Revista stiintifica « V. Adamachi ».*

Suède.

GÖTEBORG. — Chalmers tekniska Högskolas : *Handlingar.*

— Kungl. Vetenskaps-och Vitterhets-Samhälles : *Handlingar*, B 330^A^.

STOCKHOLM. — Fondation Nobel : *Les Prix Nobel*, P 483.

— Geologiska Föreningens : *Förhandlingar*, G 270.

— VIIe International botanical Congress : *Communications.*

— Observatorium : *Annaler* (*Astronomiska iakttagelser och undersökningar a Stockholms observatorium*), A 2490.

— Svenska geofysiska Föreningen : **Tellus.**

— K. Svenska Vetenskaps Akademiens : **Arkiv för Fysik** ; *Arkiv för Kemi, Mineralogi och Geologi*, B 331; **Arkiv för Matematik**; *Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik*, B 331 ; *Arkiv för Zoologi*, B 331 ; *Årsbok*, K 67; *Avhandlingar i naturskyddsasenden ; Handlingar*, S 775.

— Sveriges geologiska Undersökning : *Agrogeologiska Kartblad ; Årsbok*, S 776 *bis*; *Årsberättelse; Avhandlingar och uppsatser; Oversiktskartor med beskri ungar.*

— *Acta mathematica*, A 126.

UPPSALA. — Botaniska Institutionerna : *Symbolae Botanicae upsaliensis*, S 781^1A^.

— Regiæ Societatis Scientiarum Uppsaliensi (Kungl. Vetenskaps-Societeten) : *Årsbok*, A 2324.

— Université : *Föreläsningar och övningar*, F 87 *bis*; *Inbjudningsskrift; Redogörelse*, R 268.

— Id. Geological Institution : *Bulletin*, B 2364.

— Id. Meteorologiska Institutionen : *Meddelande*, M 174.

— Id. Observatoire : *Bulletin mensuel*, B 2318; *Observations séismographiques*, O 81.

Suisse.

BÂLE. — Société de chimie helvétique : *Helvetica chimica acta*, H 52.

— Société helvétique des sciences naturelles : *Bibliographie; Mémoires*, D 37 et N 109.

— Union internationale provisoire pour la protection de la nature. Ligue suisse pour la protection de la nature : **Pro Natura.**

— Université. Bibliothèque : *Catalogue des écrits académiques suisses*, C 97.

GENÈVE. — Observatoire : *Publications*, O 29.

— Organisation mondiale de la santé : **Bulletin**; *Chronique*.

— Société de physique et d'histoire naturelle : *Archives des sciences physiques et naturelles*, puis *Archives des sciences*, B 313; *Comptes rendus des séances*, C 665.

— *Journal de chimie-physique*. Voir PARIS : Société de chimie physique.

LAUSANNE. — Société vaudoise des sciences naturelles : *Bulletin*, B 1862; *Mémoires*, M 558[1].

ZURICH. — Eidgenössische Sternwarte. International Astronomical Union : *Quarterly Bulletin on Solar Activity*.

— Schweizerische meteorologische zentral Anstalt : *Annalen*, S 165 ; *Mitteilungen* (*Publications*).

Tchécoslovaquie.

BRNO. — Université Masaryk. Faculté de médecine : *Publications*, P 835[2].

— Id. Faculté des sciences : *Publications* (*Spisy*), S 558.

— Id. Institut national agronomique : *Bulletin*.

PRAHA. — Académie tchèque des sciences et des arts : *Bulletin international*, B 2197 ; *Rozpravy*, R 1740.

— Astronomical Institute of Czechoslovakia : **Bulletin.**

— Institut géophysique national tchécoslovaque : *Bulletin seismique des stations seismologiques de Praha et de Cheb*, B 2492[A] ; *Veroffentlichungen*.

— Jednota ceskoslovenskijch matematikû a fysikû (Comité de l'Union tchécoslovaque des mathématiciens et des physiciens) : *Casopis pro Pestovani matematiky a fysiky*, C 89.

— Masarykovy Akademie : *Sbornik*, M 123[1].

— Société royale des lettres et des sciences de Bohême. Classe des sciences : *Mémoires* (*Vestnik*), S 359.

— *Vesmir. Časopis čs. přirodovědc[u]*, V 145.

Turquie.

ANKARA. — Université. Faculté des sciences : **Communications.**

ISTAMBOUL. — Teknik Üniversitesi : **Bülteni.**

— Université. Faculté des sciences : *Revue* (*Istambul üniversitesi fen fakültesi mecmuasi*), I 384[B].

Union des Républiques Soviétiques Socialistes.

LEMBERG. — *Voir* **Pays-Bas** : CULENBORG.

LÉNINGRAD. — Académie des sciences. *Voir* MOSCOU.

MOSCOU. — Académie des sciences de l'U. R. S. S. ; *Astronomitcheski Journal*, R 1720 ; *Botanitcheski Journal*; *Dokladi*, C 628 ; *Flore de l'U.R.S.S.*; *Izvestia; Jardin botanique principal; Journal analititcheskoi kimi ; Matematitcheski Sbornik*; R 255; **Naouka u Jizni** (*Science et vie*); *Fisiologitcheski Journal S. S. S. R*,

R 1721[A]; *Priroda*, P 479[1A]; *Propagande des sciences techniques; Sciences classiques; Série des sciences populaires (biographies, mémoires); Vestnik (Nouvelle); Zoologitcheski Journal*, R 1612[1].

— Id. Institut d'astronomie théorique : [*Publications*].

— Id. Institut de botanique Komarov : [*Publications*].

— Id. Institut de mécanique : *Prikladnaia matematika i mekanika.*

— Id. Institut de morphologie évolutioniste : [*Publications*].

— Id. Institut des connaissances biochimiques Baka : [*Publications*].

— Id. Institut zoologique : *Tableaux analytiques de la faune de l'U.R.S.S.*

— Id. Laboratoire de physiologie : *Travaux.*

— Id. Société géographique pannunioniste : *Izvestia.*

— Id. Société pannunioniste astronomico-géodésique : [*Publications*].

Yougoslavie.

BEOGRAD. — Académie serbe des sciences : *Bulletin de l'Académie des sciences mathématiques et naturelles*, A 101[A]; *Glas*, G 354*bis*; *Goditchiak (Annuaire)*, G 367; *Posebna izdania; Publications;* Publications de l'Institut mathématique; *Recueil ethnographique serbe (Srpski ethnografski Sbornik)*, S 573; *Sbornik; Spomenik*, S 561.

— Id. Série des sciences mathématiques et naturelles : Éditions spéciales.

— Geološko Rudarski Institut : *Geološki Vjesnik.*

— Observatoire astronomique : *Publications.*

— Société chimique : *Bulletin.*

LJUBLJANA. — Akademija znanosti in umetnosti ; *Letopis; Matematicno-prirodoslovni razred; Porocila (Prilog); Prirodoslovne razprave; Razprave matematicno-prirodoslovnega razreda.*

SKOPJE. — Université. Faculté de philosophie. Section des sciences naturelles : Annuaire.

ZAGREB. — Yougoslavenska Akademije znanosti in umetnosti (Académie yougoslave des sciences et des arts) : *Rad*, R 6; *Razprave; Rječnik narodnik zoologickih naziva.*

ASIE.

Ceylan.

COLOMBO. — National Museum : *Administration Report of the Director*, C 197[1]; *Bulletin*.
— *Ceylan Journal of science*, C 198[1].

Chine.

CHUNGKING (SZECHUAN). — Geological Society of China : *Bulletin*, B 2365[1].

HONG-KONG. — Royal Observatory : *Meteorological Results*, R 1731[A].

KUNMING et PEIPING. — National Tsing Hua University : *The science Reports*, S 215[A].

NANKING. — National geological Survey of China : *Geological Bulletin*, B 2366 *bis; Soils Quarterly.*

PEIPING. — National Academy : *List of Publications.*

SHANGHAI. — Academia Sinica : *Science Record.*

ZI-KA-WEI. — Observatoire astronomique : *Études sur le magnétisme terrestre; Notes de météorologie physique*, O 91[1A]; *Observations magnétiques faites à la station de Zo-Zé.*

Indes.

BANGALORE. — Indian Academy of sciences : *Proceedings*, P 554[1A].

BÉNARÈS. — Zoological Survey of India. Indian Museum : *Records*, R 196.

CALCUTTA. — Botanical Society of Bengal : *Bulletin.*

— Geological Survey of India : *Memoirs*, N 620; *Records*, R 193.

— National Institute of science of India : *Proceedings*, P 574[A].

— Royal Asiatic Society of Bengal : *Journal*, G 362.

— Zoological Society of Bengal : *Proceedings.*

— Zoological Society of India : Journal.

HYDERABAD DECCAN. — Osmania University : *Journal.*

MADRAS. — Indian mathematical Society : *Journal*, J 818; *The mathematics Student*, M 138 *bis*[A].

Indochine.

HANOÏ. — Conseil des recherches scientifiques de l'Indochine : *Comptes rendus des séances*, C 673[A].

— Service géologique de l'Indochine : *Bulletin*, B 2032.

— Université indochinoise. École supérieure des sciences : *Notes et travaux.*

SAÏGON. — *Chronique de l'Indochine.*

Iran.

TÉHÉRAN. — Association des amis de la culture française : Culture mondiale.

Japon.

FUKUOKA. — Kyushu University. Faculty of Engineering : *Memoirs*, M 614.

— Id. Faculty of science : *Memoirs.*

OSAKA. — University. Department of mathematics : *Mathematica Japonicae.*

SAPPORO. — Hokkaido Imperial University. Faculty of Engineering : *Memoirs*, M 616[2].

— Id. Faculty of science : *Journal* (*mathematics, physics*).

SENDAI. — Tohoku Imperial University : Science Report.

— Id. Mathematical Institute : *The Tohoku mathematical Journal.*

TOKYO. — Astronomical Observatory : *Annals*, A 880; *Reprints; Tokyo astronomical Bulletin*, T 181[1].

— Astronomical Society of Japan : Publications.

— Imperial University. Earthquake Research Institute : *Bulletin*, B 2360[1]; *Seismometrical Report.*

— Id. Faculty of Engineering : *Journal*, J 810[1].

— Id. Institute for infectious diseases: *The Japanese Journal of experimental medicine,* J 245 *ter*[1A].
— Institute of electrical Engineers of Japan : Electrotechnical Papers.
— Mathematical Society of Japan : *Journal.*
— National Institute of health : The Japanese medical Journal.
— Physical Society of Japan : *Journal.*
— Science Council of Japan. Solar Eclipse Committee : *Provisionnal Reports of observations.*
— Scientific Education Bureau. Scientific Data section : [*Publications*].

Liban.

Beyroûth. — Service de climatologie : *Bulletin mensuel.*
— Service météorologique : *Bulletin mensuel,* B 2034[1] ; *Climatologie aéronautique.*
Ksara. — Observatoire : *Annales,* A 885[1].

Malaisie britannique.

Singapour. — Malayan Meteorogical Service : *Summary of observations.*

Palestine.

Lidda Airport. — Department of civil aviation. Meteorological Section : *Meteorological observations.*

AFRIQUE.

Afrique Équatoriale française.

Brazzaville. — Gouvernement général de l'Afrique Equatoriale française : *Bulletin du Service des Mines.*

Afrique Occidentale française.

Dakar. — Institut français d'Afrique Noire : *Bulletin; Initiations africaines; Mémoires*

Algérie.

Alger. — Institut Pasteur d'Algérie : *Archives,* A 2116[3].
— Service d'information du gouvernement général de l'Algérie. Station maritime de l'Université : *Documents algériens.*

British East African.

Nairobi. — Meteorological Service : *Meteorological Report for Northern Rhodesia; Summary of meteorological observations.*

British South African.

CAPE OF GOOD HOPE. — *Report of H. M. Astronomer at the Cape of Good Hope to the Secretary of the Amiralty*, R 424.

Cameroun.

DOUALA. — Institut français d'Afrique noire. Centre local Cameroun : *Bulletin de la Société d'études camerounaises; Études camerounaises; Mémoires-série populations;* **Memorandum du centre Ifan** (*Mémoires hors série des études camerounaises*).

Congo belge et Ruanda-Urundi.

LÉOPOLDVILLE. — Service géologique : *Bulletin.*

Égypte.

CAIRO. — Egyptian Academy of sciences : *Proceedings.*
— Fouad I University. Faculty of sciences : *Annual Report; Bulletin*, E 139^A.
— Institut d'Égypte : *Bulletin*, B 1016; *Mémoires*, M 590.

Guinée.

CONAKRY. — Institut français d'Afrique noire. Centre de Guinée : *Études guinéennes.*

Madagascar.

TANANARIVE. — Académie Malgache : *Bulletin*, B 2510; *Mémoires*, M 450[1].
— Haut Commissariat de Madagascar et dépendances : **Bulletin géologique de Madagascar**; *Recherches géologiques à Madagascar*.

Maroc.

CASABLANCA. — *Maroc médical*, M 113.
RABAT. — Service de la recherche agronomique et de l'expérimentation agricole : **Les Cahiers de la recherche agronomique.**
— Service géologique : *Notes et mémoires*, P 734^A et S 306^A.

Nigeria.

LAGOS. — Geological Survey Department : *Annual Report*, A 1728^A; *Bulletin*, G 253.

Réunion (Ile de la).

SAINT-DENIS. — *Revue agricole de l'Ile de la Réunion*, R 950 *bis*.

Tunisie.

TUNIS. — Direction des affaires économiques. Service botanique et agronomique : *Annales; Bulletin.*

— Direction des travaux publics : *Annales des mines et de la géologie.*

AMÉRIQUE

Argentine.

BUENOS-AIRES. — Academia nacional de ciencias exactas, fisicas y naturales : *Anales*, A 675[1A].

— Asociacion argentina de ciencias naturales : *Physis*, P 324.

— Asociacion fisica argentina : *Revista de la Union matematica argentina.*

— Comision nacional de cooperacion intelectual : **Argentina en marcha.**

— Ministerio de agricultura de la Nacion. Direccion general de laboratorios e investigaciones : *Revista de investigaciones agricolas.*

— Ministerio de guerra. Instituto geografico militar : *Anuario*, A 1903.

— Ministerio de industria y comercio de la Nacion. Direccion general de industria manufacturera : **Instituto technologico.**

— Museo argentino de ciencias naturales « Bernardino Rivadavia » : *Anales;* **Comunicaciones** (*Serie ciencias geologicas, zoologicas*) ; **Miscelanea;** *Publicaciones de extension cultural y didactica; Publicacion extra; Revista.*

— Id. Instituto nacional de investigacion de la ciencias naturales : *Biblioteca argentina de ciencias naturales; Communicaciones; Revista.*

— Secretaria de educacion de la Nacion. Subsecretaria de Cultura : *Publicacion.*

— Sociedad cientifica argentina : *Anales*, A 687.

LA PLATA. — Universidad nacional. Facultad de ciencias fisico-matematicas : *Publicaciones* (*Revista*), U 113.

— Id. Observatorio astronomico. Serie astronomica : *Antes Publicaciones; Publicaciones*, P 800 *bis.*

ROSARIO. — Universidad nacional del Litoral. Facultad de ciencias matematicas, fisicoquimicas y naturales aplicadas a la industria : *Publicaciones* (*Serie Universitaria*).

TUCUMAN. — Universidad nacional. Facultad de ciencias exactas, puras y aplicadas : *Revista.*

— Id. Instituto de fisica : *Publicacion.*

Brésil.

RIO-DE-JANEIRO. — Academia brasileira de ciencias : *Anais*, A 748[A].

— Ministerio de agricultura. Conselho nacional de proteçao dos indios : *Publicaçâo.*

— Observatorio national : *Anuario*, A 1868; *Boletim magnetico*, B 410 *bis*[1].

SAO-PAULO. — Museu paulista : *Revista*, R 823.

— Secretaria da agricultura. Departamento de zoologia : *Arquivos de zoologia do estado de São-Paulo; Papeis avulsos do departamento de zoologia.*

Canada.

HALIFAX. — Centre canadien du livre : *Lists*.

MONTRÉAL. — Association canadienne française pour l'avancement des sciences : *Annales de l'A.C.F.A.S.*, A 846[A].

— Corporation des agronomes de la province de Québec : *Agriculture*.

— Université Laval : *Annuaire général*, A 1328.

OTTAWA. — Canadian Patent Office : *Record and Register of Copyrights and Trade Marks*, C 66.

— Department of Mines and Resources. Dominion Observatory : *Contributions; Publications*, D 137.

— Id. Mines and geology Branch : *Report*.

— Id. Mines and geology Branch. Bureau of geology and topography : **Economic geology Series.**

— Id. Mines and geology Branch. Geological Survey : *Bulletin*, G 249; *Memoirs*.

— Id. Mines, forest and scientific service Branch. National Museum of Canada : *Bulletin*, G 249 et M 1327.

QUÉBEC. — Université Laval. Station biologique du Saint-Laurent : *Contributions*, C982[C]; *Rapport*, U 140[B].

TORONTO. — Royal Canadian Institute : *Proceedings*, C 63; *Transactions*, C 63.

VICTORIA. — Department of Mines and Resources. Dominion astrophysical Observatory : *Contributions; Publications*, P 856.

Chili.

CONCEPCIÓN. — Sociedad de Biologia : *Boletin*, B 465[B].

SANTIAGO. — Universidad. Facultad de biologia y ciencias medicas. Instituto de biologia : *Trabajos* (*Biologica*).

Colombie.

BOGOTA. — Academia colombiana de ciencias exactas, fisicas y naturales : *Revista*, R 747[A].

— Instituto geofisico de los andes colombianos : **Boletin** (*serie geologica*).

— Sociedad geografica de Colombia : *Boletin*, B 473[A].

— *Universidad nacional de Colombia.*

Cuba.

LA HABANA. — Instituto del Radium : *Archivos cubanos de cancerologia*.

— *Kuba, Revista de Medicina tropical y Parasitologia*, B 787 *bis*[1A].

— *Universidad de La Habana.*

États-Unis.

ALBANY. — University of the State of New-York. N. Y. State Museum : **Educational Leaflet Series.**

ANN ARBOR. — University of Michigan. Laboratory of vertebrate Biology : *Contributions*, C 989[1G].

— Id. Museum of Zoology : *Occasional Papers*, O 121.

BALTIMORE. — Health Department : *Baltimore Health news.*

— Johns Hopkins University : *American Journal of Mathematics*, A 598; *Circular*, J 274.

— *Human Biology.*

BERKELEY. — University of California : *Anthropological Records; Bulletin of the department of geological Sciences*, B 2359; *Mémoirs*, M 644; *Publications in Botany, in Geography;* in Microbiology; *in Zoölogy*, U 149 et U 149[1].

BLOOMINGTON. — Indiana University : Publications of the Gœthe Link Observatory; *Publications of the Kirkwood Observatory.*

BOSTON. — American Academy of arts and sciences : *Proceedings*, P 500.

BOULDER. — University of Colorado : *Bulletin*, C 106.

CAMBRIDGE. — Harvard College Observatory : *Annual Report of the Director*, A 1714; *Bulletin*, H 30; *Circular*, A 2467; *Harvard Reprint.*

CHARLOTTESVILLE. — University of Virginia. Leander Mc Cormick Observatory : *Publications*, P 864.

CHICAGO. — Field Museum of Natural History, puis Natural History Museum : *Annual Report*, A 1714[1]; *Fieldiana* (*Anthropology, Botany, Geology, Zoology*), *Popular Series* (*Botany*); *Publications* (*Anthropological Series, Botanical Series, Zoological Series*), F 57.

— *Bulletin of the atomic scientists.*

CINCINNATI. — University. Observatory : *Publications*, P 854.

EASTON. — American chemical Society : *Chemical Abstracts*, R 665 et C 309; *Journal*, J 780.

GENEVA. — Cornell University. N. Y. State agricultural experimental Station : *Annual Report*, N 142; *Bulletin*, N 158[A]; *Technical Bulletin*, N 143.

LANCASTER. — *The botanical Review*, B 685[A].

LINCOLN. — University of Nebraska. State Museum : *Bulletin* (*Contribution of the division of paleontology*).

MILTON. — Harvard University. Blue Hill Observatory : *Reprint.*

MORGANTOWN. — West Virginia University. Southern Appalachian Botanical Club : *Castanea* (*Journal*).

MOUNT HAMILTON. — University of California. Lick Observatory : *Bulletin*, L 81.

MOUNT WILSON. — Carnegie Institution of Washington. Mount Wilson Observatory : *Annual Report of the Director*, R 461; *Contributions*, C 76; *Papers.*

NEW HAVEN. — American astronomical Society : *The astronomical Journal.*

— Connecticut Academy of arts and sciences : *Memoirs*, M 615[2]; *Transactions*, T 300.

— Yale University : *Publications in anthropology*, Y 4[1A].

NEW-YORK. — Academy of Sciences : *Annals*, A 1200; *Transactions*, T 371.

— American mathematical Society : *Transactions*, T 252.

— American physical Society : *Physical Review*, P 307.

— American Society of civil Engineers : *Papers*, A 632[1].
— American Society of mechanical Engineers : *Applied mechanics Reviews.*
— Columbia University : *Bulletin of informations.*
— New School for social Research : *École libre des Hautes Études.*
— Organisation mondiale de la santé : *Voir* GENÈVE.
— Orgone Institute research Laboratories : *Orgone energy Bulletin.*
— Viking Fund : *Publications in anthropology.*
— *Mc Graw Hill averseas Book News.*
— *Powder metallurgy Bulletin.*

OAK RIDGE. — U. S. atomic energy Commission : *Nuclear Science abtracts.*

PHILADELPHIA. — Academy of Natural Sciences : *Notulae naturae; Proceedings*, P 498.
— American philosophical Society : *Proceedings*, P 506.

PRINCETON. — University. Observatory : *Contributions*, C 997.

SAN FRANCISCO. — California Academy of Sciences : *Annual report for the year; Occasional papers*, O 120; *Proceedings*, P 534.

STANFORD. — University : *Publications* (*Biological sciences; Geological sciences*), L 65.
— Id. Natural History Museum : *Contributions from the Dudley Herbarium*, C 988[A]; *Microentomology*, M 839[B].

TOPEKA. — Kansas State Board of agriculture : *Report*, B 324.

WASHINGTON. — Carnegie Institution. Department of Terrestrial magnetism : *Annual Report of the Director*, D 131; *List of Publications;* [*Publications*].
— Id. Mount Wilson Observatory : Voir MOUNT WILSON.
— Department of Agriculture : *Index Catalogue of medical and veterinary zoology; Journal of agricultural Research*, J 718.
— Department of Commerce. Bureau of Standards : *Applied mathematic Series; Circular*, C 419; *Handbook*, U 82[B]; *Research Papers*, R 578[B].
— Id. Weather Bureau : *Library circular; Monthly weather Review*, M 1269.
— Department of the Interior. Geological Survey : *Bulletin*, B 2406; *Circular; Professional Papers*, U 86; *Publications; Water Supply Paper*, W 7.
— Library of Congress : *Annual Report of the Librarian*, L 79.
— National Academy of Sciences : *Proceedings*, P 574.
— U. S. Naval Observatory : *Circular; Publications*, A 2464.
— Id. Nautical Almanac Office : *The american ephemeris and nautical almanac*, A 584.
— Smithsonian Institution : *Annual Report of the Board of Regents*, A 1674.
— Id. National Museum : *Bulletin*, B 2407; *Proceedings*, P 612; *Reports*, R 553.

Guyane anglaise.

GEORGETOWN. — *Report on the meteorology.*

Mexique.

MEXICO. — Academia nacional de ciencias « Antonio Alzate » : *Memorias y Revista*, M 695.
— Escuelo nacional de ciencias biologicas : *Anales.*
— Sociedad mexicana de historia natural : *Revista.*

— Universidad nacional autonoma. Instituto de geologia : *Anales; Cartas geologicas y mineras.*

VERA CRUZ. — Academia de ciencias : *Annuario.*

Pérou.

LIMA. — Academia nacional de ciencias exactas, fisicas y naturales : *Actas.*

— Cuerpo de Ingenieros de minas del Peru : *Boletim,* B 500.

— Sociedad de Ingenieros del Peru : *Informaciones y memorias,* I 169.

— Universidad Major de San Marcos. Faculdad de ciencias biologicas, fisicas y matematicas : *Revista de ciencias,* R 721 *bis.*

Uruguay.

MONTEVIDEO. — Facultad de Ingenieria. Instituto de matematica y estadistica : *Publicaciones.*

— Servicio oceanografico y de pesca S. O. Y. P. : **Publicaciones cientificas.**

— Sociedad de biologia : *Archivos,* A 2267[A].

Vénézuela.

CARACAS. — Colegio de ingenieros de Venezuela : *Revista,* R 803[1].

OCÉANIE.

Australie.

ADELAÏDE. — Royal Adelaïde Hospital : *The Medical and Scientific Archives,* M 289[1].

— The Institute of medical and veterinary science : *Annual Report of the Council; Collected Papers.*

— University : *The australian Journal of experimental Biology and medical science,* A 2589[1].

BRISBANE. — University of Queensland : *Engineering; John Thomson lecture; Papers (Departments of Biology. Chemistry, Geology, Physics).*

SYDNEY. — Observatory : *Astrographic Catalogue; Papers.*

— Royal Society of New South Wales : *Journal and Proceedings,* T 390.

Fiji.

SUVA. — *Annual meteorological Report.*

Indes Néerlandaises.

BANDOENG. — Bureau of mines and geological Survey of Indonesia : **Bulletin.**

— Organisatie voor Natuurwetenschappelijk Onderzoek in Indonesie : *O.N.O.-mededelingen.*

Batavia. — Koninklijke Natuurkundige Vereeniging in Nederlandsch-Indië : *Natuurwetenschappelijk Tijdschrift voor Nederlandsch-Indie*, puis *Chronica naturae*, N 70.

— Koninklijk magnetisch en meteorologisch Observatorium. Meteorological and geophysical service : *Observations made at secondary stations; Observation made at the Royal magnetic and meteorological Observatory*, O 48; *Seismological Bulletin; Verhandelingen.*

Buitenzorg. — Koninklijke Plantentuin van Indonesië : *Bulletin du Jardin botanique*, S 376; *Flora malesiana; Treubia.*

Nouvelle Zélande.

Auckland. — Seventh pacific science Congress : [*Publications*].

Wellington. — *New Zealand Science Review.*



COMPTES RENDUS
DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE **1949**.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 229.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

Y

Z

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

D

E

I

J

N

P

S

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

R

S

T

U

V

W

Y

Z



GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.

139964-52